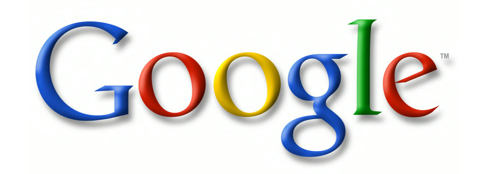


Goslich

Brauerei-Maschinenkunde



Brauerei-Maschinenkunde.

Von

W. Goslich,

Ingenieur, Vorsteher der maschinen-technischen Abtheilung des Instituts für Gährungsgewerbe
in Berlin.

Erster Theil:

Dampfbetrieb.



Mit 178 Textabbildungen und einer Tafel.

Berlin.

Verlagsbuchhandlung Paul Parey.

Verlag für Landwirtschaft, Gartenbau und Forstwesen.

SW., Hedemannstraße 10.

1902.

Vorwort.

Das vorliegende kleine Buch ist in erster Linie für die Studirenden unserer Brauerschule bestimmt. Es soll ihnen ein Ersatz für das Kollegheft sein, welches sie selbst bisher durch Nachschreiben während der Vorlesung gewonnen haben. Dieses Nachschreiben und namentlich das Nachzeichnen der an die Wandtafel skizzirten Maschinentheile, wenn diese auch nur durch einzelne grobe Striche angedeutet werden, macht den im Zeichnen Ungeübten große Schwierigkeiten, sodaß die oft mit vielem Fleiß ausgearbeiteten Kolleghefte doch nur einen zweifelhaften Werth haben. In erhöhtem Maaße gilt dies von den mitgetheilten Zahlen, die, wenn das Kollegheft später in der Praxis benutzt werden soll, richtig sein müssen.

Der Praktiker gebraucht, nachdem er die Schule verlassen hat, ein Nachschlagebuch, um über technische Fragen, die in der Praxis dauernd auftreten, Auskunft zu erhalten. Dazu ist dieses Buch in zweiter Linie bestimmt, dasselbe soll ihn bei Prüfung, Berechnung und Beschaffung seiner Maschinen unterstützen.

Von diesem Gesichtspunkte aus sind dem Buche als Einleitung einige Kapitel vorausgeschickt worden, die vielleicht manchen befremden, sie hier zu finden. Einem Praktiker, der dauernd technische Rechnungen auszuführen hat, wird aber der Besitz einer Umfangs- und Inhaltstabelle des Kreises sehr willkommen sein, welche ihnen viele Rechnungen ungemein erleichtern. In den großen Lehrbüchern für Bierfabrikation findet man alle möglichen Tabellen, die ein Praktiker selten oder niemals gebraucht, aber die Kreistabellen, die jeder Praktiker gebraucht, fehlen. Ferner sind die Anfangsregeln der Buchstabenrechnung, Anweisung für Rechnungen mit gewöhnlichen und Dezimalbrüchen und Formeln für Flächen- und Raumberechnungen aufgenommen. Ich weiß aus Erfahrung, daß ein Brauer, nachdem er jahrelang als Bursche seine Pflicht gethan hat, nun als Braumeister den Inhalt eines Gährbottichs gern ausrechnen würde, wenn er dazu ein Hilfsbuch besäße, welches nicht nur die Anleitung dazu

giebt, sondern die Rechnung selbst durch die vorerwähnte Zahlentabelle wesentlich vereinfacht. Die Berechnung unterbleibt, wenn er dazu einen Dritten zu Rathe ziehen muß. Da diese Anleitungen für die Berechnungen immerhin, wenn auch einen untergeordneten Theil der Mathematik bilden, sind sie in Ermangelung eines anderen passenden Ausdruckes selbst Mathematik genannt worden.

Ueber Zeichenkunde, die bisher merkwürdiger Weise selbst in höheren Schulen nicht gelehrt wurde, sind einige Erklärungen zum Verständniß technischer Zeichnungen gemacht worden. Die vielen Zeichnungen selbst, welche in dem Buche aufgenommen sind, sind durchweg technisch richtig gezeichnet, ohne irgend welche Ausschmückung der Bilder durch Schraffur, Schatten oder dergl., wodurch die Deutlichkeit nur verliert. Im Allgemeinen sind die Zeichnungen so einfach wie möglich in einfachen Linien ausgeführt, ungefähr in der Weise, wie ich sie während der Vorlesungen an die Wandtafel zu zeichnen pflege.

In dem Buche beziehen sich alle Temperaturangaben auf das 100theilige Thermometer nach Celsius, obgleich in der Brauerei selbst fast ausschließlich Reaumur-Thermometer benutzt werden. Mit Einführung der Kühlmaschine in die Brauerei ist auch das Celsius-Thermometer in das Maschinenhaus der Brauerei eingezogen — keine Kühlmaschine wird nach Reaumur gemessen — und damit verwendet der Maschinist der Brauerei ganz allgemein Celsius-Thermometer, so daß die Celsiusgrade in diesem Buche Niemandem auffallen werden.

Abweichend von allen ähnlichen Hülfsbüchern ist hier der Druck durchweg nach Atmosphären-Ueberdruck angegeben, nicht wie sonst üblich, nach dem Gesamtdruck. Auf allen unseren Manometer-Zifferblättern steht der Zeiger in Ruhe auf 0, nicht auf 1, zeigt also Ueberdruck, nicht den Gesammtdruck an und führt dieser Unterschied bei den Praktikern, wenn seine Tabellen nicht entsprechend eingerichtet sind, zu dauernden Mißverständnissen und Unrichtigkeiten. Ich sehe keinen Grund ein, weshalb die Tabellen nicht den praktischen Meßinstrumenten angepaßt werden sollen.

Der dargebotene Stoff bildet selbstverständlich nur einen ganz kurzen Auszug aus dem großen Gebiet der Maschinenkunde und die wenigen behandelten Kapitel machen selbst nicht den geringsten Anspruch auf Vollständigkeit. In der richtigen Auswahl des Stoffes liegt gerade die größte Schwierigkeit. Welche Theile der Maschinenlehre sind für einen praktischen Brauer nothwendig und wie weit darf man auf die Einzelheiten dabei eingehen?

Während meiner langjährigen Thätigkeit als Lehrer für Maschinenkunde habe ich dauernd einzelne Theile meiner Vorlesungen erweitert, dafür andere eingeschränkt, manche vollständig fallen lassen und neue an ihrer Stelle aufgenommen. Ich glaube jetzt nicht nur die richtige Auswahl der einzelnen

Kapitel, sondern auch über den Umfang jedes einzelnen das Richtige gefunden zu haben. Ob dies der Fall, werde ich ja jetzt aus der öffentlichen Kritik erfahren, welche durch die Herausgabe dieses Buches ermöglicht wird. Jeder Lehrer bildet sich bekanntlich ein, daß er gerade das Richtige erfaßt habe!

Neu und ungewöhnlich sind die Lieferungsbedingungen, welche am Ende jedes Kapitels für Dampfkessel, Dampfmaschine u. s. w. aufgenommen worden sind, und die Maschinenfabrikanten erblicken zum Theil darin einen unberechtigten Eingriff in ihre Geschäftsverhältnisse. Andere Maschinenfabrikanten dagegen unterstützen uns in unserem Vorhaben, dem Praktiker bei Abschluß ihrer Lieferungsverträge zu helfen, und dies sind gerade diejenigen Fabrikanten, welche die Absicht haben, wirklich Vorzügliches zu liefern. Sie können dem Brauer aber nur dann Besseres als gewöhnlich anbieten, wenn die Offerten von den verschiedenen Konkurrenten genau nach den gleichen Gesichtspunkten aufgestellt werden. Dies zu ermöglichen, ist die Absicht unserer Lieferungsverträge: jeder Konkurrent erhält von dem Brauer zur Ausarbeitung seiner Offerte ein Exemplar dieser Lieferungsverträge zugeschickt. Einzelne Bedingungen wird er nicht anerkennen können oder wollen, oder er wird Einschränkungen und Abänderungen vornehmen. Diese müssen aber bei Ablieferung der Offerte ganz genau und schriftlich angegeben werden und der Praktiker hat dadurch Gelegenheit, die Offerten sachgemäß miteinander zu vergleichen und der Maschinenbauer andererseits läuft nicht Gefahr, wenn er ungewöhnlich gute und haltbare Maschinen anbietet, durch seinen natürlich höheren Preis sich den Auftrag zu verscherzen.

Wir haben die Genugthuung, schon wiederholt gehört zu haben, daß die Maschinenfabrik, welche den höchsten Preis gefordert hatte, den Auftrag erhalten hat, weil sie an unserem Vertrage am wenigsten zu ändern für nothwendig gehalten hat. Die mitgetheilten Lieferungsformulare stehen unseren Mitgliedern in beliebiger Anzahl zur Verfügung.

Herr Dr. Garnier, Vorsteher der feuerungs-technischen Abtheilung des Instituts für Gährungsgewerbe, hat das Zahlenmaterial zu dem Kapitel „Brennstoffe" geliefert und das Kapitel selbst dem heutigen Standpunkt dieser Technik angepaßt. Die „angewandte Elektrizität" ist von meinem Kollegen Herrn Ingenieur Haack selbstständig verfaßt. Beiden Herren danke ich für ihre werthvolle Hilfe.

Die Vorlesungen und Uebungen in unserer Brauerschule über „angewandte Elektrizität" werden von Herrn Ingenieur Haack abgehalten, und war es deshalb wünschenswerth, daß das Kapitel, welches in so mannigfacher Weise behandelt werden kann, in diesem Buche auch von Herrn Haack bearbeitet wurde. Derselbe ist mit Erfolg bemüht, dem Laien ein klares Bild über die Erzeugung der elektromotorischen Kraft zu verschaffen und ihm ein Verständniß über Elektrizität beizubringen, indem er von der

Voraussetzung ausgeht, daß Elektrizität nicht erzeugt wird, sondern daß jeder Körper bereits mit Elektrizität geladen ist, welche sich in ruhendem Zustande befindet. Die Dynamomaschine bringt der in ihrer Ankerwickelung vorhandenen Elektrizität Spannung und Arbeitsvermögen bei.

Auf dem Titelblatt des Buches ist der Zusatz gemacht: Erster Theil, Dampfbetrieb". Damit ist angedeutet, daß die Absicht besteht, einen zweiten Theil folgen zu lassen, und zwar sollen darin die Maschinen behandelt werden, welche im Betriebe der Mälzerei, der Brauerei und der Kellerei benutzt werden, also die eigentlichen Arbeitsmaschinen der Brauerei. Die Fertigstellung dieses zweiten Theiles, wozu wieder viele Zeichnungen nothwendig werden. hängt von der Zeit ab, welche meine Berufsgeschäfte mir für die Bearbeitung übrig lassen.

Unsere früheren Schüler werden, wenn sie das Buch in die Hand bekommen, sich gern unserer gemeinschaftlichen Arbeit im Hörsaal und im Maschinenhause erinnern, unsere zukünftigen Schüler erfahren schon, ehe sie zu uns kommen, womit wir uns beschäftigen werden Für Ingenieure und Maschinenfabrikanten ist das Buch zwar nicht geschaffen; letztere kaufen es aber doch vielleicht, weil sie daraus erfahren, welche Sorte Dampfkessel und in welcher Größe, welche Feuerungsanlage dazu, welche Dampfmaschinen- und welche Kühlmaschinengröße u. s. w. nach unserer Erfahrung die zweckmäßigsten sind.

Ich hoffe, daß das kleine Buch namentlich in Brauerkreisen eine freundliche Aufnahme finden wird.

Berlin, im September 1902.

Walther Goslich.

Inhalt.

Mathematik.

1. Kreisumfangs- und Inhaltstabelle.

Durchmesser	Umfang $d\pi$	Inhalt $\frac{d^2\pi}{4}$	Durchmesser	Umfang $d\pi$	Inhalt $\frac{d^2\pi}{4}$	Durchmesser	Umfang $d\pi$	Inhalt $\frac{d^2\pi}{4}$
0,01	0,0314	0,000079	2,7	8,4823	5,72555	5,4	16,965	22,9022
1	0,3141	0,00785	8	8,7965	6,15752			
2	0,6283	0,03141	9	9,1106	6,60520	5	17,279	23,7583
3	0,9424	0,07068				6	17,593	24,6301
4	1,2566	0,12566	3,0	9,4248	7,06858	7	17,907	25,5176
			1	9,7389	7,54768	8	18,221	26,4208
5	1,5708	0,19635	2	10,053	8,04248	9	18,535	27,3397
6	1,8850	0,28274	3	10,367	8,55299			
7	2,1991	0,38484	4	10,681	9,07920	6,0	18,850	28,2743
8	2,5133	0,50265				1	19,164	29,2247
9	2,8274	0,63617	5	10,996	9,62113	2	19,478	30,1907
			6	11,310	10,1788	3	19,792	31,1725
1,0	3,1416	0,78540	7	11,624	10,7521	4	20,106	32,1699
1	3,4558	0,95033	8	11,938	11,3411			
2	3,7699	1,13097	9	12,252	11,9459	5	20,420	33,1831
3	4,0841	1,32732				6	20,735	34,2119
4	4,3982	1,53938	4,0	12,566	12,5664	7	21,049	35,2565
			1	12,881	13,2025	8	21,363	36,3168
5	4,7124	1,76715	2	13,195	13,8544	9	21,677	37,3928
6	5,0265	2,01062	3	13,509	14,5220			
7	5,3407	2,26980	4	13,823	15,2053	7,0	21,991	38,4845
8	5,6549	2,54469				1	22,305	39,5919
9	5,9690	2,83529	5	14,137	15,9043	2	22,619	40,7150
			6	14,451	16,6190	3	22,934	41,8539
2,0	6,2832	3,14159	7	14,765	17,3494	4	23,248	43,0084
1	6,5973	3,46361	8	15,080	18,0956			
2	6,9115	3,80133	9	15,394	18,8574	5	23,562	44,1786
3	7,2257	4,15476				6	23,876	45,3646
4	7,5398	4,52389	5,0	15,708	19,6350	7	24,190	46,5663
			1	16,022	20,4282	8	24,504	47,7836
5	7,8540	4,90874	2	16,336	21,2372	9	24,819	49,0167
6	8,1681	5,30929	3	16,650	22,0618			

Durchmesser	Umfang $d\pi$	Inhalt $\frac{d^2\pi}{4}$	Durchmesser	Umfang π	Inhalt $\frac{d^2\pi}{4}$	Durchmesser	Umfang $d\pi$	Inhalt $\frac{d^2\pi}{4}$
8,0	25,133	50,2655	12,0	37,699	113,097	16,0	50,265	201,062
1	25,447	51,5300	1	38,013	114,990	1	50,580	203,583
2	25,761	52,8102	2	38,327	116,899	2	50,894	206,120
3	26,075	54,1061	3	38,642	118,823	3	51,208	208,672
4	26,389	55,4177	4	38,956	120,763	4	51,522	211,241
5	26,704	56,7450	5	39,270	122,718	5	51,836	213,825
6	27,018	58,0880	6	39,584	124,690	6	52,150	216,424
7	27,332	59,4468	7	39,898	126,677	7	52,465	219,040
8	27,646	60,8212	8	40,212	128,680	8	52,779	221,671
9	27,960	62,2114	9	40,527	130,698	9	53,093	224,318
9,0	28,274	63,6173	13,0	40,841	132,732	17,0	53,407	226,980
1	28,588	65,0388	1	41,155	134,782	1	53,721	229,658
2	28,903	66,4761	2	41,469	136,848	2	54,035	232,352
3	29,217	67,9291	3	41,783	138,929	3	54,350	235,062
4	29,531	69,3978	4	42,097	141,026	4	54,664	237,787
5	29,845	70,8822	5	42,412	143,139	5	54,978	240,528
6	30,159	72,3823	6	42,726	145,267	6	55,292	243,285
7	30,473	73,8981	7	43,040	147,411	7	55,606	246,057
8	30,788	75,4296	8	43,354	149,571	8	55,920	248,846
9	31,102	76.9769	9	43,668	151,747	9	56,235	251,649
10,0	31,416	78,5398	14,0	43,982	153,938	18,0	56,549	254,469
1	31,730	80,1185	1	44,296	156,145	1	56,863	257,304
2	32,044	81,7128	2	44,611	158,368	2	57,177	260,155
3	32,358	83,3229	3	44,925	160,606	3	57,491	263,022
4	32,673	84,9487	4	45,239	162,860	4	57,805	265,904
5	32,987	86,5901	5	45,553	165,130	5	58,119	268,803
6	33,301	88,2473	6	45,867	167,415	6	58,434	271,716
7	33,615	89,9202	7	46,181	169,717	7	58,748	274,646
8	33,929	91,6088	8	46,496	172,034	8	59,062	277,591
9	34,243	93,3132	9	46,810	174,366	9	59,376	280,552
11,0	34,558	95,0332	15,0	47,124	176,715	19,0	59,690	283,529
1	34,872	96,7689	1	47,438	179,079	1	60,004	286,521
2	35,186	98,5203	2	47,752	181,458	2	60,319	289,529
3	35,500	100,287	3	48,066	183,854	3	60,633	292,553
4	35,814	102,070	4	48,381	186,265	4	60,947	295,592
5	36,128	103,869	5	48,695	188,692	5	61,261	298,648
6	36,442	105,683	6	49,009	191,134	6	61,575	301,719
7	36,757	107.513	7	49,323	193,593	7	61,889	304,805
8	37,071	109,359	8	49,637	196,067	8	62,204	307,907
9	37,385	111,220	9	49,951	198,557	9	62,518	311,026

Durchmesser	Umfang $d\pi$	Inhalt $\frac{d^2\pi}{4}$	Durchmesser	Umfang πd	Inhalt $\frac{d^2\pi}{4}$	Durchmesser	Umfang πd	Inhalt $\frac{d^2\pi}{4}$
20,0	62,832	314,159	24,0	75,398	452,389	28,0	87,965	615,752
1	63,146	317,309	1	75,712	456,167	1	88,279	620,158
2	63,460	320,474	2	76,027	459,961	2	88,593	624,580
3	63,774	323,655	3	76,341	463,770	3	88,907	629,018
4	64,088	326,851	4	76,655	467,595	4	89,221	633,471
5	64,403	330,046	5	76,969	471,435	5	89,535	637,940
6	64,717	333,296	6	77,283	475,292	6	89,850	642,424
7	65,031	336 535	7	77,597	479,164	7	90,164	646,925
8	65,345	339,795	8	77,911	483,051	8	90,478	651,441
9	65,659	343,070	9	78,226	486,955	9	90,792	655,972
21,0	65,973	346,361	25,0	78,540	490,874	29,0	91,106	660,520
1	66,288	349,667	1	78,854	494,809	1	91,420	665,083
2	66,602	352,989	2	79,168	498,759	2	91,735	669,662
3	66,916	356,327	3	79,482	502,726	3	92,049	674,256
4	67,230	359,681	4	79,796	506,707	4	92,363	678,867
5	67,544	363,050	5	80,111	510,705	5	92,677	683,493
6	67,858	366,435	6	80,425	514,719	6	92,991	688,134
7	68,173	369,836	7	80,739	518,748	7	93,305	692,792
8	68,487	373,253	8	81,053	522,792	8	93,619	697,465
9	68,801	376,685	9	81,367	526,853	9	93,934	702,154
22,0	69,115	380,133	26,0	81,681	530,929	30,0	94,248	706,858
1	69,429	383,596	1	81,996	535,021	1	94,562	711,579
2	69,743	387,076	2	82,310	539,129	2	94,876	716,315
3	70,058	390,571	3	82,624	543,252	3	95,190	721,066
4	70,372	394,081	4	82,938	547,391	4	95,504	725,834
5	70,686	397,608	5	83,252	551,546	5	95,819	730,617
6	71,000	401,150	6	83,566	555,716	6	96,133	735 415
7	71,314	404,708	7	83,881	559,902	7	96,447	740,230
8	71,628	408,281	8	84,195	564,104	8	96,761	745,060
9	71,942	411,871	9	84,509	568,322	9	97,075	749,906
23,0	72,257	415,476	27,0	84,823	572,555	31,0	97,389	754,768
1	72,571	419,096	1	85,137	576,804	1	97,704	759,645
2	72,885	422,733	2	85,451	581,069	2	98,018	764,538
3	73,199	426,385	3	85,765	585,349	3	98,332	769,447
4	73,513	430,053	4	86,080	589,646	4	98,646	774,371
5	73,827	433,736	5	86,394	593,957	5	98,960	779,311
6	74,142	437,435	6	86,708	598,285	6	99,274	784,267
7	74,456	441,150	7	87,022	602,628	7	99,588	789,239
8	74,770	444,881	8	87,336	606,987	8	99,903	794,226
9	75,084	448,627	9	87,650	611,362	9	100,22	799,229

Durchmesser	Umfang $d\pi$	Inhalt $\frac{d^2\pi}{4}$	Durchmesser	Umfang $d\pi$	Inhalt $\frac{d^2\pi}{4}$	Durchmesser	Umfang $d\pi$	Inhalt $\frac{d^2\pi}{4}$
32,0	100,53	804,248	36,0	113,10	1017,88	40,0	125,66	1256,64
1	100,85	809,282	1	113,41	1023,54	1	125,98	1262,93
2	101,16	814,332	2	113,73	1029,22	2	126,29	1269,23
3	101,47	819,398	3	114,04	1034,91	3	126,61	1275,56
4	101,79	824,480	4	114,35	1040,62	4	126,92	1281,90
5	102,10	829,577	5	114,67	1046,35	5	127,23	1288,25
6	102,42	834,690	6	114,98	1052,09	6	127,55	1294,62
7	102,73	839,818	7	115,30	1057,84	7	127,86	1301,00
8	103,04	844,963	8	115,61	1063,62	8	128,18	1307,41
9	103,36	850,123	9	115,92	1069,41	9	128,49	1313,82
33,0	103,67	855,299	37,0	116,24	1075,21	41,0	128,81	1320,25
1	103,99	860,490	1	116,55	1081,03	1	129,12	1326,70
2	104,30	865,697	2	116,87	1086,87	2	129,43	1333,17
3	104,62	870,920	3	117,18	1092,72	3	129,75	1339,65
4	104,93	876,159	4	117,50	1098,58	4	130,06	1346,14
5	105,24	881,413	5	117,81	1104,47	5	130,38	1352,65
6	105,56	886,683	6	118,12	1110,36	6	130,69	1359,18
7	105,87	891,969	7	118,44	1116,28	7	131,00	1365,72
8	106,19	897,270	8	118,75	1122,21	8	131,32	1372,28
9	106,50	902,587	9	119,07	1128,15	9	131,63	1378,85
34,0	106,81	907,920	38,0	119,38	1134,11	42,0	131,95	1385,44
1	107,13	913,269	1	119,69	1140,09	1	132,26	1392,05
2	107,44	918,633	2	120,01	1146,08	2	132,58	1398,67
3	107,76	924,013	3	120,32	1152,09	3	132,89	1405,31
4	108,07	929,409	4	120,64	1158,12	4	133,20	1411,96
5	108,38	934,820	5	120,95	1164,16	5	133,52	1418,63
6	108,70	940,247	6	121,27	1170,21	6	133,83	1425,31
7	109,01	945,690	7	121,58	1176,28	7	134,15	1432,01
8	109,33	951,149	8	121,89	1182,37	8	134,46	1438,72
9	109,64	956,623	9	122,21	1188,47	9	134,77	1445,45
35,0	109,96	962,113	39,0	122,52	1194,59	43,0	135,09	1452,20
1	110,27	967,618	1	122,84	1200,72	1	135,40	1458,96
2	110,58	973,140	2	123,15	1206,87	2	135,72	1465,74
3	110,90	978,677	3	123,46	1213,04	3	136,03	1472,54
4	111,21	984,230	4	123,78	1219,22	4	136,35	1479,34
5	111,53	989,798	5	124,09	1225,42	5	136,66	1486,17
6	111,84	995,382	6	124,41	1231,63	6	136,97	1493,01
7	112,15	1000,98	7	124,72	1237,86	7	137,29	1499,87
8	112,47	1006,60	8	125,04	1244,10	8	137,60	1506,74
9	112,78	1012,23	9	125,35	1250,36	9	137,92	1513,63

Durchmesser	Umfang $d\pi$	Inhalt $\frac{d^2\pi}{4}$	Durchmesser	Umfang $d\pi$	Inhalt $\frac{d^2\pi}{4}$	Durchmesser	Umfang $d\pi$	Inhalt $\frac{d^2\pi}{4}$
44,0	138,23	1520,53	48,0	150,80	1809,56	52,0	163,36	2123,72
1	138,54	1527,45	1	151,11	1817,11	1	163,68	2131,89
2	138,86	1534,39	2	151,42	1824,67	2	163,99	2140,08
3	139,17	1541,34	3	151,74	1832,25	3	164,31	2148,29
4	139,49	1548,30	4	152,05	1839,84	4	164,62	2156,51
5	139,80	1555,28	5	152,37	1847,45	5	164,93	2164,75
6	140,12	1562,28	6	152,68	1855,08	6	165,25	2173,01
7	140,43	1569,30	7	153,00	1862,72	7	165,56	2181,28
8	140,74	1576,33	8	153,31	1870,38	8	165,88	2189,56
9	141,06	1583,37	9	153,62	1878,05	9	166,19	2197,87
45,0	141,37	1590,43	49,0	153,94	1885,74	53,0	166,50	2206,18
1	141,69	1597,51	1	154,25	1893,45	1	166,82	2214,52
2	142,00	1604,60	2	154,57	1901,17	2	167,13	2222,87
3	142,31	1611,71	3	154,88	1908,90	3	167,45	2231,23
4	142,63	1618,83	4	155,19	1916,65	4	167,76	2239,61
5	142,94	1625,97	5	155,51	1924,42	5	168,08	2248,01
6	143,26	1633,13	6	155,82	1932,21	6	168,39	2256,42
7	143,57	1640,30	7	156,14	1940,00	7	168,70	2264,84
8	143,88	1647,48	8	156,45	1947,82	8	169,02	2273,29
9	144,20	1654,68	9	156,77	1955,65	9	169,33	2281,75
46,0	144,51	1661,90	50,0	157,08	1963,50	54,0	169,65	2290,22
1	144,83	1669,14	1	157,39	1971,36	1	169,96	2298,71
2	145,14	1676,39	2	157,71	1979,23	2	170,27	2307,22
3	145,46	1683,65	3	158,02	1987,13	3	170,59	2315,74
4	145,77	1690,93	4	158,34	1995,04	4	170,90	2324,28
5	146,08	1698,23	5	158,65	2002,96	5	171,22	2332,83
6	146,40	1705,54	6	158,96	2010,90	6	171,53	2341,40
7	146,71	1712,87	7	159,28	2018,86	7	171,85	2349,98
8	147,03	1720,21	8	159,59	2026,83	8	172,16	2358,58
9	147,34	1727,57	9	159,91	2034,82	9	172,47	2367,20
47,0	147,65	1734,94	51,0	160,22	2042,82	55,0	172,79	2375,83
1	147,97	1742,34	1	160,54	2050,84	1	173,10	2384,48
2	148,28	1749,74	2	160,85	2058,87	2	173,42	2393,14
3	148,60	1757,16	3	161,16	2066,92	3	173,73	2401,82
4	148,91	1764,60	4	161,48	2074,99	4	174,04	2410,51
5	149,23	1772,05	5	161,79	2083,07	5	174,36	2419,22
6	149,54	1779,52	6	162,11	2091,17	6	174,67	2427,95
7	149,85	1787,01	7	162,42	2099,28	7	174,99	2436,69
8	150,17	1794,51	8	162,73	2107,41	8	175,30	2445,45
9	150,48	1802,03	9	163,05	2115,56	9	175,62	2454,22

Durchmesser	Umfang πd	Inhalt $\frac{d^2\pi}{4}$	Durchmesser	Umfang πd	Inhalt $\frac{d^2\pi}{4}$	Durchmesser	Umfang πd	Inhalt $\frac{d^2\pi}{4}$
56,0	175,93	2463,01	60,0	188,50	2827,43	64,0	201,06	3216,99
1	176,24	2471,81	1	188,81	2836,87	1	201,38	3227,05
2	176,56	2480,63	2	189,12	2846,31	2	201,69	3237,13
3	176,87	2489,47	3	189,44	2855,78	3	202,00	3247,22
4	177,19	2498,32	4	189,75	2865,26	4	202,32	3257,33
5	177,50	2507,19	5	190,07	2874,75	5	202,63	3267,45
6	177,81	2516,07	6	190,38	2884,26	6	202,95	3277,59
7	178,13	2524,97	7	190,69	2893,79	7	203,26	3287,75
8	178,44	2533,88	8	191,01	2903,33	8	203,58	3297,92
9	178,76	2542,81	9	191,32	2912,89	9	203,89	3308,10
57,0	179,07	2551,76	61,0	191,64	2922,47	65,0	204,20	3318,31
1	179,38	2560,72	1	191,95	2932,06	1	204,52	3328,53
2	179,70	2569,70	2	192,27	2941,66	2	204,83	3338,76
3	180,01	2578,69	3	192,58	2951,28	3	205,15	3349,01
4	180,33	2587,70	4	192,89	2960,92	4	205,46	3359,27
5	180,64	2596,72	5	193,21	2970,57	5	205,77	3369,55
6	180,96	2605,76	6	193,52	2980,24	6	206,09	3379,85
7	181,27	2614,82	7	193,84	2989,92	7	206,40	3390,16
8	181,58	2623,89	8	194,15	2999,62	8	206,72	3400,49
9	181,90	2632,98	9	194,46	3009,34	9	207,03	3410,83
58,0	182,21	2642,08	62,0	194,78	3019,07	66,0	207,35	3421,19
1	182,53	2651,20	1	195,09	3028,82	1	207,66	3431,57
2	182,84	2660,33	2	195,41	3038,58	2	207,97	3441,96
3	183,15	2669,48	3	195,72	3048,36	3	208,29	3452,37
4	183,47	2678,65	4	196,04	3058,15	4	208,60	3462,79
5	183,78	2687,83	5	196,35	3067,96	5	208,92	3473,23
6	184,10	2697,03	6	196,66	3077,79	6	209,23	3483,68
7	184,41	2706,24	7	196,98	3087,63	7	209,54	3494,15
8	184,73	2715,47	8	197,29	3097,48	8	209,86	3504,64
9	185,04	2724,71	9	197,61	3107,36	9	210,17	3515,14
59,0	185,35	2733,97	63,0	197,92	3117,25	67,0	210,49	3525,65
1	185,67	2743,25	1	198,23	3127,15	1	210,80	3536,18
2	185,98	2752,54	2	198,55	3137,07	2	211,12	3546,73
3	186,30	2761,84	3	198,86	3147,00	3	211,43	3557,30
4	186,61	2771,17	4	199,18	3156,96	4	211,74	3567,88
5	186,92	2780,51	5	199,49	3166,92	5	212,06	3578,47
6	187,24	2789,86	6	199,81	3176,90	6	212,37	3589,08
7	187,55	2799,23	7	200,12	3186,90	7	212,69	3599,71
8	187,87	2808,62	8	200,43	3196,92	8	213,00	3610,35
9	188,18	2818,02	9	200,75	3206,95	9	213,31	3621,01

Durchmesser	Umfang $d\pi$	Inhalt $\frac{d^2\pi}{4}$	Durchmesser	Umfang $d\pi$	Inhalt $\frac{d^2\pi}{4}$	Durchmesser	Umfang $d\pi$	Inhalt $\frac{d^2\pi}{4}$
68,0	213,63	3631,68	72,0	226,19	4071,50	76,0	238,76	4536,46
1	213,94	3642,37	1	226,51	4082,82	1	239,08	4548,41
2	214,26	3653,08	2	226,82	4094,15	2	239,39	4560,37
3	214,57	3663,80	3	227,14	4105,50	3	239,70	4572,34
4	214,88	3674,53	4	227,45	4116,87	4	240,02	4584,34
5	215,20	3685,28	5	227,77	4128,25	5	240,33	4596,35
6	215,51	3696,05	6	228,08	4139,65	6	240,65	4608,37
7	215,83	3706,84	7	228,39	4151,06	7	240,96	4620,41
8	216,14	3717,64	8	228,71	4162,48	8	241,27	4632,47
9	216,46	3728,45	9	229,02	4173,93	9	241,59	4644,54
69,0	216,77	3739,28	73,0	229,34	4185,39	77,0	241,90	4656,63
1	217,08	3750,13	1	229,65	4196,86	1	242,22	4668,73
2	217,40	3760,99	2	229,96	4208,35	2	242,53	4680,85
3	217,71	3771,87	3	230,28	4219,86	3	242,85	4692,98
4	218,03	3782,76	4	230,59	4231,38	4	243,16	4705,13
5	218,34	3793,67	5	230,91	4242,92	5	243,47	4717,30
6	218,65	3804,59	6	231,22	4254,47	6	243,79	4729,48
7	218,97	3815,53	7	231,54	4266,04	7	244,10	4741,68
8	219,28	3826,49	8	231,85	4277,62	8	244,42	4753,89
9	219,60	3837,46	9	232,16	4289,22	9	244,73	4766,12
70,0	219,91	3848,45	74,0	232,48	4300,84	78,0	245,04	4778,36
1	220,23	3859,45	1	232,79	4312,47	1	245,36	4790,62
2	220,54	3870,47	2	233,11	4324,12	2	245,67	4802,90
3	220,85	3881,51	3	233,42	4335,78	3	245,99	4815,19
4	221,17	3892,56	4	233,73	4347,46	4	246,30	4827,50
5	221,48	3903,63	5	234,05	4359,16	5	246,62	4839,82
6	221,80	3914,71	6	234,36	4370,87	6	246,93	4852,16
7	222,11	3925,80	7	234,68	4382,59	7	247,24	4864,51
8	222,42	3936,92	8	234,99	4394,33	8	247,56	4876,88
9	222,74	3948,05	9	235,31	4406,09	9	247,87	4889,27
71,0	223,05	3959,19	75,0	235,62	4417,86	79,0	248,19	4901,67
1	223,37	3970,35	1	235,93	4429,65	1	248,50	4914,09
2	223,68	3981,53	2	236,25	4441,46	2	248,81	4926,52
3	224,00	3992,72	3	236,56	4453,28	3	249,13	4938,97
4	224,31	4003,93	4	236,88	4465,11	4	249,44	4951,43
5	224,62	4015,15	5	237,19	4476,97	5	249,76	4963,91
6	224,94	4026,39	6	237,50	4488,83	6	250,07	4976,41
7	225,25	4037,65	7	237,82	4500,72	7	250,38	4988,92
8	225,57	4048,92	8	238,13	4512,62	8	250,70	5001,45
9	225,88	4060,20	9	238,45	4524,53	9	251,01	5013,99

Durchmesser	Umfang $d\pi$	Inhalt $\frac{d^2\pi}{4}$	Durchmesser	Umfang $d\pi$	Inhalt $\frac{d^2\pi}{4}$	Durchmesser	Umfang $d\pi$	Inhalt $\frac{d^2\pi}{4}$
80,0	251,33	5026,55	84,0	263,89	5541,77	88,0	276,46	6082,12
1	251,64	5039,12	1	264,21	5554,97	1	276,77	6095,95
2	251,96	5051,71	2	264,52	5568,19	2	277,09	6109,80
3	252,27	5064,32	3	264,84	5581,42	3	277,40	6123,66
4	252,58	5076,94	4	265,15	5594,67	4	277,72	6137,54
5	252,90	5089,58	5	265,46	5607,94	5	278,03	6151,43
6	253,21	5102,23	6	265,78	5621,22	6	278,35	6165,34
7	253,53	5114,90	7	266,09	5634,52	7	278,66	6179,27
8	253,84	5127,58	8	266,41	5647,83	8	278,97	6193,21
9	254,15	5140,28	9	266,72	5661,16	9	279,29	6207,17
81,0	254,47	5153,00	85,0	267,04	5674,50	89,0	279,60	6221,14
1	254,78	5165,73	1	267,35	5687,86	1	279,92	6235,13
2	255,10	5178,48	2	267,66	5701,24	2	280,23	6249,13
3	255,41	5191,24	3	267,98	5714,63	3	280,54	6263,15
4	255,73	5204,02	4	268,29	5728,03	4	280,86	6277,18
5	256,04	5216,81	5	268,61	5741,46	5	281,17	6291,24
6	256,35	5229,62	6	268,92	5754,90	6	281,49	6305,30
7	256,67	5242,45	7	269,23	5768,35	7	281,80	6319,38
8	256,98	5255,29	8	269,55	5781,82	8	282,12	6333,48
9	257,30	5268,14	9	269,86	5795,30	9	282,43	6347,60
82,0	257,61	5281,02	86,0	270,18	5808,80	90,0	282,74	6361,73
1	257,92	5293,91	1	270,49	5822,32	1	283,06	6375,87
2	258,24	5306,81	2	270,81	5835,85	2	283,37	6390,03
3	258,55	5319,73	3	271,12	5849,40	3	283,69	6404,21
4	258,87	5332,67	4	271,43	5862,97	4	284,00	6418,40
5	259,18	5345,62	5	271,75	5876,55	5	284,31	6432,61
6	259,50	5358,58	6	272,06	5890,14	6	284,63	6446,83
7	259,81	5371,57	7	272,38	5903,75	7	284,94	6461,07
8	260,12	5384,56	8	272,69	5917,38	8	285,26	6475,33
9	260,44	5397,58	9	273,00	5931,02	9	285,57	6489,60
83,0	260,75	5410,61	87,0	273,32	5944,68	91,0	285,88	6503,88
1	261,07	5423,65	1	273,63	5958,35	1	286,20	6518,18
2	261,38	5436,71	2	273,95	5972,04	2	286,51	6532,50
3	261,69	5449,79	3	274,26	5985,75	3	286,83	6546,84
4	262,01	5462,88	4	274,58	5999,47	4	287,14	6561,18
5	262,32	5475,99	5	274.89	6013,20	5	287,46	6575,55
6	262,64	5489,12	6	275,20	6026,96	6	287,77	6589,93
7	262,95	5502,26	7	275,52	6040,73	7	288,08	6604,33
8	263,27	5515,41	8	275,83	6054,51	8	288,40	6618,74
9	263,58	5528,58	9	276,15	6068,31	9	288,71	6633,17

Durchmesser	Umfang πd	Inhalt $\frac{d^2\pi}{4}$	Durchmesser	Umfang π	Inhalt $\frac{d^2\pi}{4}$	Durchmesser	Umfang π	Inhalt $\frac{d^2\pi}{4}$
92,0	289,03	6647,61	94,7	297,51	7043,52	97,4	305,99	7450,88
1	289,34	6662,07	8	297,82	7058,40			
2	289,65	6676,54	9	298,14	7073,30	97,5	306,31	7466,19
3	289,97	6691,03				6	306,62	7481,51
4	290,28	6705,54	95,0	298,45	7088,22	7	306,93	7496,85
			1	298,77	7103,15	8	307,25	7512,21
5	290,60	6720,06	2	299,08	7118,09	9	307,56	7527,58
6	290,91	6734,60	3	299,39	7133,06			
7	291,23	6749,15	4	299,71	7148,03	98,0	307,88	7542,96
8	291,54	6763,72				1	308,19	7558,37
9	291,85	6778,31	5	300,02	7163,03	2	308,50	7573,78
			6	300,34	7178,04	3	308,82	7589,22
93,0	292,17	6792,91	7	300,65	7193,06	4	309,13	7604,66
1	292,48	6807,52	8	300,96	7208,10			
2	292,80	6822,16	9	301,28	7223,16	5	309,45	7620,13
3	293,11	6836,80				6	309,76	7635,61
4	293,42	6851,47	96,0	301,59	7238,23	7	310,08	7651,11
			1	301,91	7253,32	8	310,39	7666,62
5	293,74	6866,15	2	302,22	7268,42	9	310,70	7682,14
6	294,05	6880,84	3	302,54	7283,54			
7	294,37	6895,55	4	302,85	7298,67	99,0	311,02	7697,69
8	294,68	6910,28				1	311,33	7713,25
9	295,00	6925,02	5	303,16	7313,82	2	311,65	7728,82
			6	303,48	7328,99	3	311,96	7744,41
94,0	295,31	6939,78	7	303,79	7344,17	4	312,27	7760,02
1	295,62	6954,55	8	304,11	7359,37			
2	295,94	6969,34	9	304,42	7374,58	5	312,59	7775,64
3	296,25	6984,15				6	312,90	7791,28
4	296,57	6998,97	97,0	304,73	7389,81	7	313,22	7806,93
			1	305,05	7405,06	8	313,53	7822,60
5	296,88	7013,80	2	305,36	7420,82	9	313,85	7838,28
6	297,19	7028,65	3	305,68	7435,59			
						100	314,16	7853,98

2. Zahlenlehre.

An Stelle der Zahlen werden in der Zahlenlehre (Arithmetik) allgemein Buchstaben angewendet, um die Gesetze der Zahlenlehre, die für alle Zahlen Gültigkeit haben, durch Gleichungen ausdrücken zu können. Jedes Zeichen für eine Zahl heißt ein Ausdruck. Bezeichnen zwei Ausdrücke dieselbe Zahl so sagt man die Ausdrücke sind gleich. Die Gleichheit zweier Ausdrücke wird dadurch bezeichnet, daß man zwischen sie das Zeichen = setzt. Jedes Zeichen von der Form

$$a = b$$

heißt eine Gleichung, das Zeichen = heißt das Gleichheitszeichen und jeder der beiden Ausdrücke a und b eine Seite der Gleichung.

Wenn ein Ausdruck durch Vorzeichen + oder – verbunden ist, heißen die Theile Glieder. Ein Ausdruck ist einfach oder zusammengesetzt, je nachdem er aus einem oder mehreren Gliedern besteht. Klammern (. . . .) oder [. . . .] werden angewendet um anzuzeigen, daß die Zahlen innerhalb der Klammern erst ausgerechnet und dann mit der ausgerechneten Zahl als eine Größe weiter operirt werden soll.

Addition: Sollen die Glieder eines Ausdruckes, die in einer Klammer stehen, zu anderen Gliedern addirt werden, so dürfen die Klammern fortbleiben.

$$(a + 2b - 3c) + 2a - b + 4c = a + 2b - 3c + 2a - b + 4c.$$

und die Buchstaben nach dem Alphabet geordnet:

$$= a + 2a + 2b - b - 3c + 4c = 3a + b + c.$$

Subtraktion: Sollen zwei Glieder eines Ausdruckes von einander abgezogen werden, und steht vor der Klammer das – Zeichen, so darf die Klammer fortbleiben, nachdem alle Vorzeichen innerhalb der Klammer vertauscht sind, das heißt die + Zeichen in – Zeichen und die – Zeichen in + Zeichen umgewandelt sind:

$$a + 2b - 3c - (2a - b + 4c) =$$
$$a + 2b - 3c - 2a + b - 4c =$$
$$a - 2a + 2b + b - 3c - 4c =$$
$$- a + 3b - 7c.$$

Wenn innerhalb einer Klammer nochmals einige Glieder durch eine zweite Klammer zusammengefaßt werden, wird eine besondere Form, eckige Klammer [. . . .] benutzt. Beim Auflösen der Klammern wird verlangt, daß zuerst die inneren, dann die äußeren Klammern aufgelöst werden.

$$a + 2b - 3c - (2a - [5b + 5a] + 4c) =$$
$$a + 2b - 3c - (2a - 5b - 5a + 4c) =$$
$$a + 2b - 3c - 2a + 5b + 5a - 4c =$$
$$a - 2a + 5a + 2b + 5b - 3c - 4c =$$
$$4a + 7b - 7c.$$

Multiplikation. Sollen mehrgliedrige Ausdrücke mit einander multiplizirt werden, so ist jedes Glied in der einen Klammer mit jedem Gliede in der andern Klammer zu multiplizieren. Haben die betreffenden Glieder dabei gleiche Vorzeichen, so erhält das Produkt das + Zeichen und wenn die beiden Glieder ungleiche Vorzeichen hatten, das – Zeichen.

1. $$(a + 2b - 3c) \cdot 3a =$$
$$3a \cdot a + 6ab - 9ac,$$

da aa auch a^2 geschrieben wird $= 3a^2 + 6ab - 9ac$.

2. $$(a + b) \cdot (a + b) = a \cdot a + ab + ba + bb \cdot$$
$$ab = ba;\ aa = a^2;\ bb = b^2.$$
$$(a + b) \cdot (a + b) = (a + b)^2$$
$$(a + b)^2 = a^2 + 2ab + b^2.$$

3. $$(a - b)^2 = a^2 - 2ab + b^2.$$

4. $$(a + b)(a - b) = aa + ab - ba - bb$$
$$= a^2 - b^2.$$

Division: Um einen eingliedrigen Ausdruck durch einen solchen zu dividiren, dividirt man die Faktoren des Dividends durch diejenigen des Divisors. Wenn beide Größen dasselbe Vorzeichen haben, so wird der Quotient positiv, haben sie ungleiche Vorzeichen, so wird er negativ:

$$\frac{18ab}{2b} = 9a$$

$$\frac{12a^2d}{-6a} = -2ad$$

Soll ein mehrgliedriger Ausdruck durch einen andern dividirt werden, so muß jedes Glied des einen Ausdrucks durch jedes Glied des andern Ausdruckes dividirt werden:

$$\frac{a^3b - 3a^2b^2 + 2b^4}{{}^2/_3 a^2b} =$$
$$\frac{3}{2}a - \frac{9}{2}b + 3\frac{b^3}{a^2}$$

Potenziren: Ein Produkt aus gleichen Faktoren ist eine Potenz. Die Anzahl Faktoren, aus der die Potenz besteht, wird rechts oben durch eine kleine Zahl ausgedrückt:

$$a^4 - a \cdot a \cdot a \cdot a.$$
$$a^2 b^3 = a \cdot a \cdot b \cdot b \cdot b.$$

Von der Grundzahl a nennt man a die erste, a^2 die zweite, a^3 die dritte Potenz. Die zweite Potenz heißt auch Quadrat, die dritte Kubus.

Die Wurzel ist die Grundzahl einer Potenz; letztere also in die Faktoren zerlegen, heißt Wurzelausziehen. Bei der Zerlegung in 2, 3 ... gleiche Faktoren erhält man die zweite, dritte ... Wurzel. Die zweite Wurzel heißt auch Quadratwurzel, die dritte Kubikwurzel. Das Zeichen für eine Wurzel ist $\sqrt{\ }$, oben in den offenen Raum kommt eine kleine Zahl, die angiebt, ob die Zahl in die dritte, vierte ... Wurzel zerlegt werden soll. Bei Quadratwurzeln bleibt die kleine 2 fort.

$$\sqrt{16} = 4 \qquad \sqrt[4]{16} = 2 \qquad \sqrt[3]{8} = 2$$
$$\sqrt{a^2 + 2ab + b^2} = \sqrt{(a+b)\cdot(a+b)} = a + b$$

Auflösen von Gleichungen. Wenn eine Gleichung eine Unbekannte enthält, so läßt sich diese aus einer Gleichung berechnen, indem die Unbekannte auf eine Seite der Gleichung ausgesondert wird. Dies geschieht dadurch, daß beide Theile der Gleichung mit gleichen Zahlen addirt oder subtrahirt, multiplicirt oder dividirt werden. Hierdurch verändern sich die beiden Seiten der Gleichung zwar, aber die neuen Ausdrücke sind wieder einander gleich, oder sie bilden wieder eine Gleichung. Die unbekannte Größe wird in der Regel mit x bezeichnet:

1) $$3x + 7b + 4 = 2b - x + c$$

Um x auf die eine Seite zu bringen, wird auf beiden Seiten der Gleichung $+x$ addirt:

$$3x + x + 7b + 4 = 2b - x + x + c$$

$-x$ und $+x$ hebt sich auf der rechten Seite:

$$4x + 7b + 4 = 2b + c$$

Um x zu sondern, wird von beiden Seiten $7b+4$ abgezogen:

$$4x = 2b + c - 7b - 4$$
$$4x = -5b + c - 4$$

Eine negative Zahl läßt man nicht vorn stehen, schreibt deßhalb

$$= c - 5b - 4$$

werden beide Seiten der Gleichung mit 4 dividirt, so bleibt x allein auf der linken Seite:

$$x = \frac{c - 5b - 4}{4}$$

2)
$$\frac{a}{x} = \frac{b}{c}$$

Durch Multiplikation mit x auf beiden Seiten der Gleichung entsteht:

$$a = \frac{b \cdot x}{c}$$

und durch Multiplikation mit c auf beiden Seiten:

$$ac = bx$$

und durch Division von b:

$$\frac{ac}{b} = x$$

3)
$$15x - x^2 = 0{,}25\,x^2 + 5x$$

x^2 auf beiden Seiten addirt:

$$15x = 0{,}25\,x^2 + x^2 + 5x$$

5x auf beiden Seiten subtrahirt:

$$15x - 5x = 1{,}25\,x^2$$
$$10x = 1{,}25\,x^2$$

Durch 1,25 x dividirt:

$$\frac{10\,x}{1{,}25\,x} = x$$
$$8 = x$$

Rechnen mit gewöhnlichen Brüchen.

Addition: Brüche mit gleichem Nenner werden addirt, indem die Zähler addirt werden und die Nenner unverändert bleiben:

$$\frac{5}{17} + \frac{9}{17} + \frac{11}{17} = \frac{25}{17} = 1\frac{8}{17}$$

Brüche mit ungleichem Nenner werden addirt, indem die Brüche auf den kleinsten gemeinschaftlichen Nenner gebracht und dann wie vorstehend addirt werden:

$$\frac{5}{12} + \frac{5}{6} = \frac{5}{12} + \frac{10}{12} = \frac{15}{12} = 1\frac{3}{12} = 1\frac{1}{4}$$

$$\frac{5}{8} + \frac{1}{3} = \frac{5 \cdot 3}{8 \cdot 3} + \frac{1 \cdot 8}{3 \cdot 8} = \frac{23}{24}$$

Subtraktion: Zur Subtraktion müssen die Brüche ebenfalls auf gleichen Nenner gebracht werden, es werden dann die Zähler subtrahirt und der Nenner bleibt unverändert:

$$\frac{5}{9} - \frac{2}{9} = \frac{3}{9} = \frac{1}{3};$$

$$7 - \frac{3}{7} = \frac{7 \cdot 7}{7} - \frac{3}{7} = \frac{46}{7}$$

$$\frac{5}{9} - \frac{2}{11} = \frac{5 \cdot 11}{9 \cdot 11} - \frac{2 \cdot 9}{11 \cdot 9} = \frac{55 - 18}{99} = \frac{37}{99}$$

Multiplikation: Zwei Brüche werden miteinander multiplicirt, indem die Zähler und die Nenner multiplicirt werden und der neue Zähler durch den neuen Nenner dividirt wird:

$$\frac{5}{9} \cdot \frac{3}{5} = \frac{15}{45} = \frac{1}{3}$$

Ein Bruch wird mit einer ganzen Zahl multiplizirt, indem der Zähler mit der ganzen Zahl multiplicirt wird, und das Produkt durch den Nenner des Bruches dividirt wird:

$$\frac{5}{9} \cdot 7 = \frac{35}{9} = 3\frac{8}{9}$$

Division: Ein Bruch wird durch eine ganze Zahl dividirt, indem man den Nenner des Bruches mit der Zahl multiplicirt und den Zähler unverändert läßt.

$$\frac{5}{9} : 3 \text{ oder } \frac{\frac{5}{9}}{3} = \frac{5}{9 \,.\, 3} = \frac{5}{27}$$

Eine ganze Zahl oder ein Bruch wird durch einen Bruch dividirt, indem man den zweiten Bruch (Divisor) umdreht und ihn mit dem ersten multiplizirt.

$$5 : \frac{3}{4} = 5 \cdot \frac{4}{3} = \frac{20}{3} = 6^2/_3$$

$$\frac{3}{5} : \frac{7}{8} = \frac{3}{5} \cdot \frac{8}{7} = \frac{24}{35}$$

Rechnen mit Dezimalbrüchen.

Ein gewöhnlicher Bruch wird in einen Dezimalbruch verwandelt, wenn man den Zähler durch den Nenner dividirt und dem Zähler dazu so viel Nullen anhängt, als Dezimalstellen gewünscht werden.

$$\frac{7}{8} = 7000 : 8 = 0{,}875$$

```
64
 60
 56
  40
  40
```

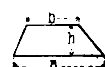
$$\frac{2}{3} = 2000 : 3 = 0{,}666\ldots$$

Durchmesser	Umfang πd	Inhalt $\frac{d^2\pi}{4}$	Durchmesser	Umfang πd	Inhalt $\frac{d^2\pi}{4}$	Durchmesser	Umfang πd	Inhalt $\frac{d^2\pi}{4}$
56,0	175,93	2463,01	60,0	188,50	2827,43	64,0	201,06	3216,99
1	176,24	2471,81	1	188,81	2836,87	1	201,38	3227,05
2	176,56	2480,63	2	189,12	2846,31	2	201,69	3237,13
3	176,87	2489,47	3	189,44	2855,78	3	202,00	3247,22
4	177,19	2498,32	4	189,75	2865,26	4	202,32	3257,33
5	177,50	2507,19	5	190,07	2874,75	5	202,63	3267,45
6	177,81	2516,07	6	190,38	2884,26	6	202,95	3277,59
7	178,13	2524,97	7	190,69	2893,79	7	203,26	3287,75
8	178,44	2533,88	8	191,01	2903,33	8	203,58	3297,92
9	178,76	2542,81	9	191,32	2912,89	9	203,89	3308,10
57,0	179,07	2551,76	61,0	191,64	2922,47	65,0	204,20	3318,31
1	179,38	2560,72	1	191,95	2932,06	1	204,52	3328,53
2	179,70	2569,70	2	192,27	2941,66	2	204,83	3338,76
3	180,01	2578,69	3	192,58	2951,28	3	205,15	3349,01
4	180,33	2587,70	4	192,89	2960,92	4	205,46	3359,27
5	180,64	2596,72	5	193,21	2970,57	5	205,77	3369,55
6	180,96	2605,76	6	193,52	2980,24	6	206,09	3379,85
7	181,27	2614,82	7	193,84	2989,92	7	206,40	3390,16
8	181,58	2623,89	8	194,15	2999,62	8	206,72	3400,49
9	181,90	2632,98	9	194,46	3009,34	9	207,03	3410,83
58,0	182,21	2642,08	62,0	194,78	3019,07	66,0	207,35	3421,19
1	182,53	2651,20	1	195,09	3028,82	1	207,66	3431,57
2	182,84	2660,33	2	195,41	3038,58	2	207,97	3441,96
3	183,15	2669,48	3	195,72	3048,36	3	208,29	3452,37
4	183,47	2678,65	4	196,04	3058,15	4	208,60	3462,79
5	183,78	2687,83	5	196,35	3067,96	5	208,92	3473,23
6	184,10	2697,03	6	196,66	3077,79	6	209,23	3483,68
7	184,41	2706,24	7	196,98	3087,63	7	209,54	3494,15
8	184,73	2715,47	8	197,29	3097,48	8	209,86	3504,64
9	185,04	2724,71	9	197,61	3107,36	9	210,17	3515,14
59,0	185,35	2733,97	63,0	197,92	3117,25	67,0	210,49	3525,65
1	185,67	2743,25	1	198,23	3127,15	1	210,80	3536,18
2	185,98	2752,54	2	198,55	3137,07	2	211,12	3546,73
3	186,30	2761,84	3	198,86	3147,00	3	211,43	3557,30
4	186,61	2771,17	4	199,18	3156,96	4	211,74	3567,88
5	186,92	2780,51	5	199,49	3166,92	5	212,06	3578,47
6	187,24	2789,86	6	199,81	3176,90	6	212,37	3589,08
7	187,55	2799,23	7	200,12	3186,90	7	212,69	3599,71
8	187,87	2808,62	8	200,43	3196,92	8	213,00	3610,35
9	188,18	2818,02	9	200,75	3206,95	9	213,31	3621,01

Durchmesser	Umfang $d\pi$	Inhalt $\frac{d^2\pi}{4}$	Durchmesser	Umfang $d\pi$	Inhalt $\frac{d^2\pi}{4}$	Durchmesser	Umfang $d\pi$	Inhalt $\frac{d^2\pi}{4}$
68,0	213,63	3631,68	72,0	226,19	4071,50	76,0	238,76	4536,46
1	213,94	3642,87	1	226,51	4082,82	1	239,08	4548,41
2	214,26	3653,08	2	226,82	4094,15	2	239,39	4560,37
3	214,57	3663,80	3	227,14	4105,50	3	239,70	4572,34
4	214,88	3674,53	4	227,45	4116,87	4	240,02	4584,34
5	215,20	3685,28	5	227,77	4128,25	5	240,33	4596,35
6	215,51	3696,05	6	228,08	4139,65	6	240,65	4608,37
7	215,83	3706,84	7	228,39	4151,06	7	240,96	4620,41
8	216,14	3717,64	8	228,71	4162,48	8	241,27	4632,47
9	216,46	3728,45	9	229,02	4173,93	9	241,59	4644,54
69,0	216,77	3739,28	73,0	229,34	4185,39	77,0	241,90	4656,63
1	217,08	3750,13	1	229,65	4196,86	1	242,22	4668,73
2	217,40	3760,99	2	229,96	4208,35	2	242,53	4680,85
3	217,71	3771,87	3	230,28	4219,86	3	242,85	4692,98
4	218,03	3782,76	4	230,59	4231,38	4	243,16	4705,13
5	218,34	3793,67	5	230,91	4242,92	5	243,47	4717,30
6	218,65	3804,59	6	231,22	4254,47	6	243,79	4729,48
7	218,97	3815,53	7	231,54	4266,04	7	244,10	4741,68
8	219,28	3826,49	8	231,85	4277,62	8	244,42	4753,89
9	219,60	3837,46	9	232,16	4289,22	9	244,73	4766,12
70,0	219,91	3848,45	74,0	232,48	4300,84	78,0	245,04	4778,36
1	220,23	3859,45	1	232,79	4312,47	1	245,36	4790,62
2	220,54	3870,47	2	233,11	4324,12	2	245,67	4802,90
3	220,85	3881,51	3	233,42	4335,78	3	245,99	4815,19
4	221,17	3892,56	4	233,73	4347,46	4	246,30	4827,50
5	221,48	3903,63	5	234,05	4359,16	5	246,62	4839,82
6	221,80	3914,71	6	234,36	4370,87	6	246,93	4852,16
7	222,11	3925,80	7	234,68	4382,59	7	247,24	4864,51
8	222,42	3936,92	8	234,99	4394,33	8	247,56	4876,88
9	222,74	3948,05	9	235,31	4406,09	9	247,87	4889,27
71,0	223,05	3959,19	75,0	235,62	4417,86	79,0	248,19	4901,67
1	223,37	3970,35	1	235,93	4429,65	1	248,50	4914,09
2	223,68	3981,53	2	236,25	4441,46	2	248,81	4926,52
3	224,00	3992,72	3	236,56	4453,28	3	249,13	4938,97
4	224,31	4003,93	4	236,88	4465,11	4	249,44	4951,43
5	224,62	4015,15	5	237,19	4476,97	5	249,76	4963,91
6	224,94	4026,39	6	237,50	4488,83	6	250,07	4976,41
7	225,25	4037,65	7	237,82	4500,72	7	250,38	4988,92
8	225,57	4048,92	8	238,13	4512,62	8	250,70	5001,45
9	225,88	4060,20	9	238,45	4524,53	9	251,01	5013,99

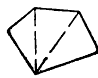
Durchmesser	Umfang πd	Inhalt $\frac{d^2\pi}{4}$	Durchmesser	Umfang πd	Inhalt $\frac{d^2\pi}{4}$	Durchmesser	Umfang πd	Inhalt $\frac{d^2\pi}{4}$
56,0	175,93	2463,01	60,0	188,50	2827,43	64,0	201,06	3216,99
1	176,24	2471,81	1	188,81	2836,87	1	201,38	3227,05
2	176,56	2480,63	2	189,12	2846,31	2	201,69	3237,13
3	176,87	2489,47	3	189,44	2855,78	3	202,00	3247,22
4	177,19	2498,32	4	189,75	2865,26	4	202,32	3257,33
5	177,50	2507,19	5	190,07	2874,75	5	202,63	3267,45
6	177,81	2516,07	6	190,38	2884,26	6	202,95	3277,59
7	178,13	2524,97	7	190,69	2893,79	7	203,26	3287,75
8	178,44	2533,88	8	191,01	2903,33	8	203,58	3297,92
9	178,76	2542,81	9	191,32	2912,89	9	203,89	3308,10
57,0	179,07	2551,76	61,0	191,64	2922,47	65,0	204,20	3318,31
1	179,38	2560,72	1	191,95	2932,06	1	204,52	3328,53
2	179,70	2569,70	2	192,27	2941,66	2	204,83	3338,76
3	180,01	2578,69	3	192,58	2951,28	3	205,15	3349,01
4	180,33	2587,70	4	192,89	2960,92	4	205,46	3359,27
5	180,64	2596,72	5	193,21	2970,57	5	205,77	3369,55
6	180,96	2605,76	6	193,52	2980,24	6	206,09	3379,85
7	181,27	2614,82	7	193,84	2989,92	7	206,40	3390,16
8	181,58	2623,89	8	194,15	2999,62	8	206,72	3400,49
9	181,90	2632,98	9	194,46	3009,34	9	207,03	3410,83
58,0	182,21	2642,08	62,0	194,78	3019,07	66,0	207,35	3421,19
1	182,53	2651,20	1	195,09	3028,82	1	207,66	3431,57
2	182,84	2660,33	2	195,41	3038,58	2	207,97	3441,96
3	183,15	2669,48	3	195,72	3048,36	3	208,29	3452,37
4	183,47	2678,65	4	196,04	3058,15	4	208,60	3462,79
5	183,78	2687,83	5	196,35	3067,96	5	208,92	3473,23
6	184,10	2697,03	6	196,66	3077,79	6	209,23	3483,68
7	184,41	2706,24	7	196,98	3087,63	7	209,54	3494,15
8	184,73	2715,47	8	197,29	3097,48	8	209,86	3504,64
9	185,04	2724,71	9	197,61	3107,36	9	210,17	3515,14
59,0	185,35	2733,97	63,0	197,92	3117,25	67,0	210,49	3525,65
1	185,67	2743,25	1	198,23	3127,15	1	210,80	3536,18
2	185,98	2752,54	2	198,55	3137,07	2	211,12	3546,73
3	186,30	2761,84	3	198,86	3147,00	3	211,43	3557,30
4	186,61	2771,17	4	199,18	3156,96	4	211,74	3567,88
5	186,92	2780,51	5	199,49	3166,92	5	212,06	3578,47
6	187,24	2789,86	6	199,81	3176,90	6	212,37	3589,08
7	187,55	2799,23	7	200,12	3186,90	7	212,69	3599,71
8	187,87	2808,62	8	200,43	3196,92	8	213,00	3610,35
9	188,18	2818,02	9	200,75	3206,95	9	213,31	3621,01

Durchmesser	Umfang $d\pi$	Inhalt $\frac{d^2\pi}{4}$	Durchmesser	Umfang $d\pi$	Inhalt $\frac{d^2\pi}{4}$	Durchmesser	Umfang $d\pi$	Inhalt $\frac{d^2\pi}{4}$
68,0	213,63	3631,68	72,0	226,19	4071,50	76,0	238,76	4536,46
1	213,94	3642,37	1	226,51	4082,82	1	239,08	4548,41
2	214,26	3653,08	2	226,82	4094,15	2	239,39	4560,37
3	214,57	3663,80	3	227,14	4105,50	3	239,70	4572,34
4	214,88	3674,53	4	227,45	4116,87	4	240,02	4584,34
5	215,20	3685,28	5	227,77	4128,25	5	240,33	4596,35
6	215,51	3696,05	6	228,08	4139,65	6	240,65	4608,37
7	215,83	3706,84	7	228,39	4151,06	7	240,96	4620,41
8	216,14	3717,64	8	228,71	4162,48	8	241,27	4632,47
9	216,46	3728,45	9	229,02	4173,93	9	241,59	4644,54
69,0	216,77	3739,28	73,0	229,34	4185,39	77,0	241,90	4656,63
1	217,08	3750,13	1	229,65	4196,86	1	242,22	4668,73
2	217,40	3760,99	2	229,96	4208,35	2	242,53	4680,85
3	217,71	3771,87	3	230,28	4219,86	3	242,85	4692,98
4	218,03	3782,76	4	230,59	4231,38	4	243,16	4705,13
5	218,34	3793,67	5	230,91	4242,92	5	243,47	4717,30
6	218,65	3804,59	6	231,22	4254,47	6	243,79	4729,48
7	218,97	3815,53	7	231,54	4266,04	7	244,10	4741,68
8	219,28	3826,49	8	231,85	4277,62	8	244,42	4753,89
9	219,60	3837,46	9	232,16	4289,22	9	244,73	4766,12
70,0	219,91	3848,45	74,0	232,48	4300,84	78,0	245,04	4778,36
1	220,23	3859,45	1	232,79	4312,47	1	245,36	4790,62
2	220,54	3870,47	2	233,11	4324,12	2	245,67	4802,90
3	220,85	3881,51	3	233,42	4335,78	3	245,99	4815,19
4	221,17	3892,56	4	233,73	4347,46	4	246,30	4827,50
5	221,48	3903,63	5	234,05	4359,16	5	246,62	4839,82
6	221,80	3914,71	6	234,36	4370,87	6	246,93	4852,16
7	222,11	3925,80	7	234,68	4382,59	7	247,24	4864,51
8	222,42	3936,92	8	234,99	4394,33	8	247,56	4876,88
9	222,74	3948,05	9	235,31	4406,09	9	247,87	4889,27
71,0	223,05	3959,19	75,0	235,62	4417,86	79,0	248,19	4901,67
1	223,37	3970,35	1	235,93	4429,65	1	248,50	4914,09
2	223,68	3981,53	2	236,25	4441,46	2	248,81	4926,52
3	224,00	3992,72	3	236,56	4453,28	3	249,13	4938,97
4	224,31	4003,93	4	236,88	4465,11	4	249,44	4951,43
5	224,62	4015,15	5	237,19	4476,97	5	249,76	4963,91
6	224,94	4026,39	6	237,50	4488,83	6	250,07	4976,41
7	225,25	4037,65	7	237,82	4500,72	7	250,38	4988,92
8	225,57	4048,92	8	238,13	4512,62	8	250,70	5001,45
9	225,88	4060,20	9	238,45	4524,53	9	251,01	5013,99



3. **Rechteck.** Fläche gleich Länge mal Breite:

$$F = a \times b.$$



4. **Parallelogramm.** Fläche gleich Grundlinie mal Höhe.

$$F = a \cdot h.$$

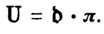
5. **Trapez.** Fläche gleich der halben Summe der parallelen Seiten mal der Höhe.

$$F = \frac{a+b}{2} h$$

6. **Vieleck.** Dasselbe wird durch Diagonalen von einer Ecke aus in Dreiecke getheilt und die Flächen derselben zusammengezählt.

7. **Kreis.** Umfang gleich Durchmesser mal 3,14 (diese Zahl wird π genannt).

$$U = d \cdot \pi.$$



Der Durchmesser wird erhalten, wenn man den Umfang durch 3,14 dividirt.

$$d = \frac{U}{\pi}$$

Beispiel: Hat ein Baumstamm einen Umfang von 3,77 m, so ist sein Durchmesser

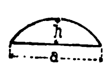
$$d = \frac{3{,}77}{3{,}14} = 1{,}2 \text{ m}$$

Fläche gleich Durchmesser ins Quadrat erhoben, d. h. mit sich selbst multiplizirt und die gefundene Zahl mit $\frac{\pi}{4}$ multiplizirt.

$$F = d \cdot d \cdot \frac{\pi}{4} = \frac{d^2 \cdot \pi}{4}$$

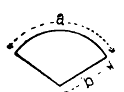
Beispiel: Hat der Wasserspiegel eines Gährbottichs 1,8 m Durchmesser, so ist die Fläche

$$\frac{1{,}8 \cdot 1{,}8 \cdot 3{,}14}{4} = 2{,}545 \text{ qm}.$$



8. **Kreisabschnitt** ist annähernd $\frac{2}{3}$ der Grundlinie mal der Höhe

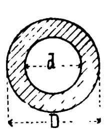
$$F = \frac{2}{3} \cdot a \cdot h.$$



9. **Kreisausschnitt:** Fläche ist gleich der Bogenlänge mal dem halben Radius des Kreises

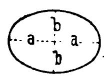
$$F = a \cdot \frac{b}{2}$$

10. **Ring**: Die Fläche erhält man, indem man den Inhalt des kleinen Kreises von dem des großen abzieht



$$F = \frac{D^2 \pi}{4} - \frac{d^2 \pi}{4} = (D^2 - d^2)\frac{\pi}{4}$$

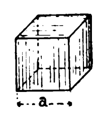
11. **Ellipse**. Fläche ist gleich großer Halbmesser mal kleiner Halbmesser mal π



$$F = a \cdot b \cdot \pi$$

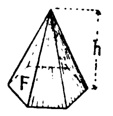
12. **Würfel**. Oberfläche ist gleich der 6fachen Flächeneinheit; $O = 6 \cdot a^2$;

Den Inhalt erhält man, wenn man eine Seite zweimal mit sich selbst multiplizirt, d. h. in die dritte Potenz erhebt.



$$J = a \cdot a \cdot a = a^3$$

13. **Pyramide**: Inhalt ist gleich Grundfläche mal $^1/_3$ der Höhe;

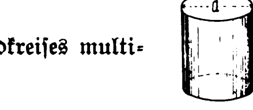


$$J = F \cdot \frac{h}{3}$$

14. **Cylinder**: Der Mantel ist gleich dem Umfang mal der Höhe

$$M = d \pi h$$

Der Inhalt ist gleich dem Inhalt des Grundkreises multiplizirt mit der Höhe

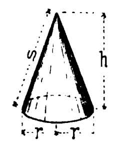


$$J = \frac{d^2 \pi}{4} h$$

15. **Kegel**: Der Mantel ist gleich dem halben Umfang des Grundkreises multiplizirt mit der Seitenlänge;

$$M = r \pi s$$
$$s = \sqrt{r^2 + h^2}$$

Der Inhalt ist gleich der Grundfläche mal $^1/_3$ der Höhe



$$J = \frac{d^2 \pi}{4} \cdot \frac{h}{3}$$

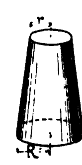
Beispiel: Hat ein Henze 1,60 m Durchmesser, der cylindrische Theil ist 1,50 m, der kegelförmige Theil ist 2,70 m hoch, so ist sein Inhalt:

$$J = \frac{1{,}60^2 \cdot 3{,}14}{4} \cdot 1{,}50 + \frac{1{,}60^2\, 3{,}14}{4} \cdot \frac{2{,}70}{3} = 4{,}824 \text{ cbm} = 4824 \text{ Liter.}$$

16. **Abgestumpfter Kegel.** Inhalt:

$$J = \frac{\pi h}{3} (R^2 + Rr + r^2)$$

$$M = \pi s (R + r)$$



wenn R und r die Radien der Endflächen und h die Höhe ist.

Beispiel: Hat ein Gährbottich einen unteren inneren Durchmesser von 1,70 m, einen oberen von 1,60 m, eine lichte Höhe von 1,50 m, so ist sein Inhalt

$$\frac{3{,}14 \cdot 1{,}50}{3} (0{,}85^2 + 0{,}85 \cdot 0{,}80 \cdot 0{,}80^2) = 3{,}203 \text{ cbm}$$ oder 3205 Liter.

17. **Kugel.** Die Oberfläche

$$O = 4 r^2 \pi,$$



der Inhalt

$$J = \frac{4}{3} r^3 \pi.$$

18. **Kugelabschnitt.** Der Inhalt:



$$J = \frac{1}{6} \pi h (3 a^2 + h^2),$$

wenn a der Halbmesser der Schnittfläche und h die Höhe ist.

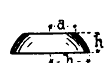
19. **Kugelausschnitt.** Inhalt



$$J = \frac{2}{3} \pi r^2 h,$$

wenn h die Höhe des entsprechenden Abschnitts ist.

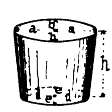
20. **Kugelzone.** Inhalt



$$J = \frac{1}{6} \pi h (3 a^2 + 3 b^2 + h^2),$$

wenn a und b die Halbmesser der Endflächen sind.

21. **Kübel mit elliptischen Grundflächen.** Inhalt



$$J = \frac{\pi h}{6} [2 (a b + d c) + a c + d b).$$

22. **Faß,** wenn D der Spunddurchmesser, d der Bodendurchmesser und h die Höhe ist, so ist der Inhalt



$$J = \frac{h \pi}{12} (2 D^2 + d^2).$$

Zeichenkunde.

In der Technik werden die Maschinen, Gebäude u. s. w. nicht durch perspektivische Bilder, sondern durch geometrische Zeichnungen dargestellt. Auf einem perspektivischen Bilde — wie es eine Photographie ist — erscheint das entfernt liegende kleiner, als es in Wirklichkeit ist, und ein Handwerker kann die wahren Abmessungen aus einem derartigen Bilde nicht entnehmen, um sein Werkstück darnach herzustellen. Auf einer geometrischen Zeichnung erscheinen die Gegenstände in ihrer wirklichen Größe oder, wenn der Gegenstand größer ist als das Papier, auf dem er gezeichnet werden soll, in entsprechender Verkleinerung, in halber, drittel, zehntel, hundertster Größe, aber alle Abmessungen stehen immer in richtigem Verhältnis zu einander, so daß der Handwerker aus einer derartigen Zeichnung sowohl die Form, als auch die Abmessungen entnehmen kann, die der Konstrukteur für eine Maschine oder Gebäude und deren Theile vorschreibt, so daß er den Gegenstand nach einer derartigen Zeichnung anfertigen kann.

Weil durch eine geometrische Zeichnung immer nur das, was in einer Ebene liegt, dargestellt werden kann, ein Körper aber nicht nur eine bestimmte Länge und Höhe, sondern auch eine bestimmte Tiefe hat, so kommt man mit einer Zeichnung niemals aus, um einen Körper und seine Bauart geometrisch darzustellen, sondern es müssen immer zwei, gewöhnlich sogar drei Ansichten dargestellt werden, also, wie er von vorn, von der Seite und von oben her betrachtet, aussieht.

Ein Ziegelstein, technisch gezeichnet, in 1:10 seiner natürlichen Größe, stellt von vorn gesehen — die Längsansicht — ein Rechteck dar, 25 mm mal 6,5 mm, da der Stein in Wirklichkeit 250 mm lang und 65 mm hoch ist. Von der Seite gesehen — die Queransicht — ein Rechteck von 12 und 6,5 mm Seitenlänge, weil der Stein 120 mm breit und, wie schon oben angegeben, 65 mm hoch ist. Von oben gesehen — die Grundansicht — ist es wieder ein Rechteck von 25 mal 12 mm, die Länge und Breite des Steines angebend.

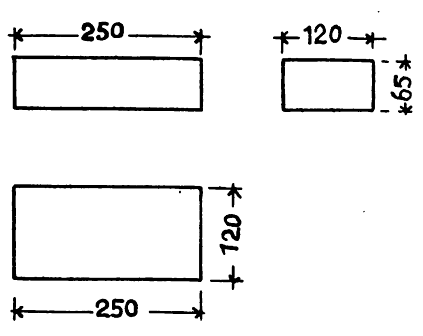


Fig. 1—3. Ziegelstein technisch gezeichnet.

Auf diese Weise erscheint jede Abmessung des Steines zweimal. Die Länge in der Längs- und Grundansicht; die Breite in der Quer- und Grundansicht; und die Höhe in der Längs- und Queransicht. Man stellt die drei Zeichnungen immer so zusammen, daß die gleichen Abmessungen senkrecht bezw. wagerecht unter- und nebeneinander zu liegen kommen.

Wenn ein darzustellender Gegenstand, nicht wie ein Ziegelstein, durchweg voll und aus der gleichen Masse besteht, sondern hohl, aus verschieden starken Wänden zusammengesetzt ist, so genügen nicht mehr Ansichtzeichnungen, sondern man wendet Schnittzeichnungen an.

Der darzustellende Gegenstand sei eine Holzkiste von der Größe eines Ziegelsteins, also außen gemessen 25 cm lang, 12 cm breit, 6,5 cm hoch, bestehend aus 5 mm starken senkrechten Wänden, einem 6 mm starken

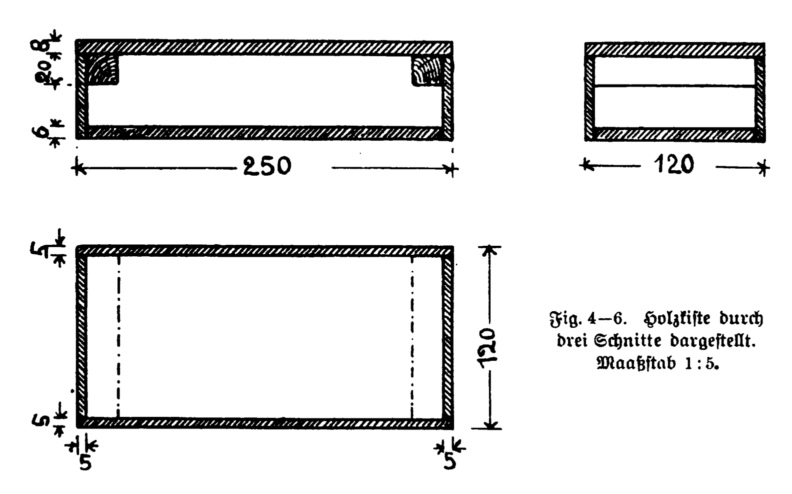


Fig. 4—6. Holzkiste durch drei Schnitte dargestellt. Maaßstab 1:5.

Boden und 8 mm starken Deckel. An dem Deckel sind innen zwei Quadrathölzer von 20 × 20 mm Stärke angeschraubt, die denselben gegen Verschieben sichern. Die senkrechten Wände sind unter sich verleimt, der Boden angenagelt. Wir denken uns die fertige Kiste durch einen senkrechten Schnitt — z. B. mittels einer Kreissäge — in der Mitte parallel zur Längsseite in zwei Theile zerlegt, nehmen die vordere abgeschnittene Hälfte fort und zeichnen das Bild, wie es in der Schnittfläche, dem Längsschnitt, aussieht.

Die äußeren Umrisse stellen ein Rechteck von 250 mal 65 mm dar, welches, wenn die Zeichnung in 1:5 der natürlichen Größe hergestellt werden soll, $\frac{250}{5} = 50$ mm lang und $\frac{65}{5} = 13$ mm hoch wird. Ferner sind die Wandstärken zu sehen: die senkrechten Wände sind 5 mm stark, der

Boden 6 und der Deckel 8 mm, diese werden also $\frac{5}{5} = 1$, $\frac{6}{5} = 1{,}2$ und $\frac{8}{5} = 1{,}6$ mm von den äußeren Umrißlinien entfernt gezeichnet. Die Leisten unter dem Deckel werden $\frac{20}{5} = 4$ mm im Quadrat groß. In der Zeichnung können auch noch die Holzschrauben und Nägel sichtbar gemacht werden.

Der Holzkasten in der Querrichtung zerschnitten, die vordere Hälfte abgenommen und die stehen gebliebene gezeichnet, giebt den Querschnitt. Die äußeren Umrisse, die Wandstärken und die eine Leiste am Deckel werden in dieser Zeichnung sichtbar.

Die Holzkiste, durch einen wagerechten Schnitt in zwei Teile zerlegt und den oberen abgenommen, giebt, senkrecht darauf gesehen, den Grundriß. Es erscheinen in der Zeichnung die äußeren Umrisse und die Wandstärken der senkrechten Wände, außerdem können die Leisten unter dem Deckel, welche nicht mehr sichtbar sind, weil sie mit fortgeschnitten sind, durch —·—·— Striche angedeutet werden.

Die Stellen der Zeichnung, welche durchschnittenes Material darstellen, werden, wenn Farben angewendet werden können, gleichmäßig bunt getuscht — angelegt —, und zwar mit einer Farbe, die das Material selbst erkennen läßt. Alle nicht durchschnittenen Stellen werden in einer technischen Zeichnung nicht getuscht.

Es werden allgemein folgende Farben benutzt:

gelb (gebrannte Terrasienna) . . . . für Holz,
roth (Karmin mit etwas gebrannter Terrasienna) „ Ziegelmauerwerk,
blaugrau (Neutraltinte) . . . . „ Bruchsteinmauerwerk,
braun (Sepia) . . . . „ Erdreich,
blau (preußisch blau) . . . . „ Schmiedeeisen,
blaugrau (Neutraltinte) . . . . „ Gußeisen,
gelb (Gummi gutti mit etwas Karmin) . . . „ Messing,
violett (karmin und preußisch blau) . . . . . „ Stahl,
roth (karmin) . . . . „ Kupfer.

Für gedruckte Zeichnungen muß man in der Regel wegen der hohen Kosten der Farbendrucke auf Farbe verzichten, und werden die Schnittflächen dann schraffiert oder ganz schwarz gemacht. Zur Unterscheidung der verschiedenen Stoffe werden verschiedenartige Schraffuren angewendet.

Für das Verständniß der Zeichnung wichtige, aber nicht sichtbare Linien werden, wenn sie unterhalb der Schnittebene liegen, welche gezeichnet wird, durch unterbrochene — — — — — — — Linien angedeutet, und wenn es nothwendig ist, daß auch oberhalb der Schnittebene, also mit

weggeschnittene Theile in der Zeichnung erscheinen sollen, werden für diese strichpunktierte — · — · — · — Linien angewendet.

Die Zeichnung stellt ein einfaches Gebäude in drei Schnitten derart dar, daß jeder Maurer das Haus darnach herstellen könnte.

Der Längsschnitt AB durch das Gebäude ist in einer Ebene gedacht, die auf der Linie AB des Grundrisses senkrecht steht; er geht also gerade

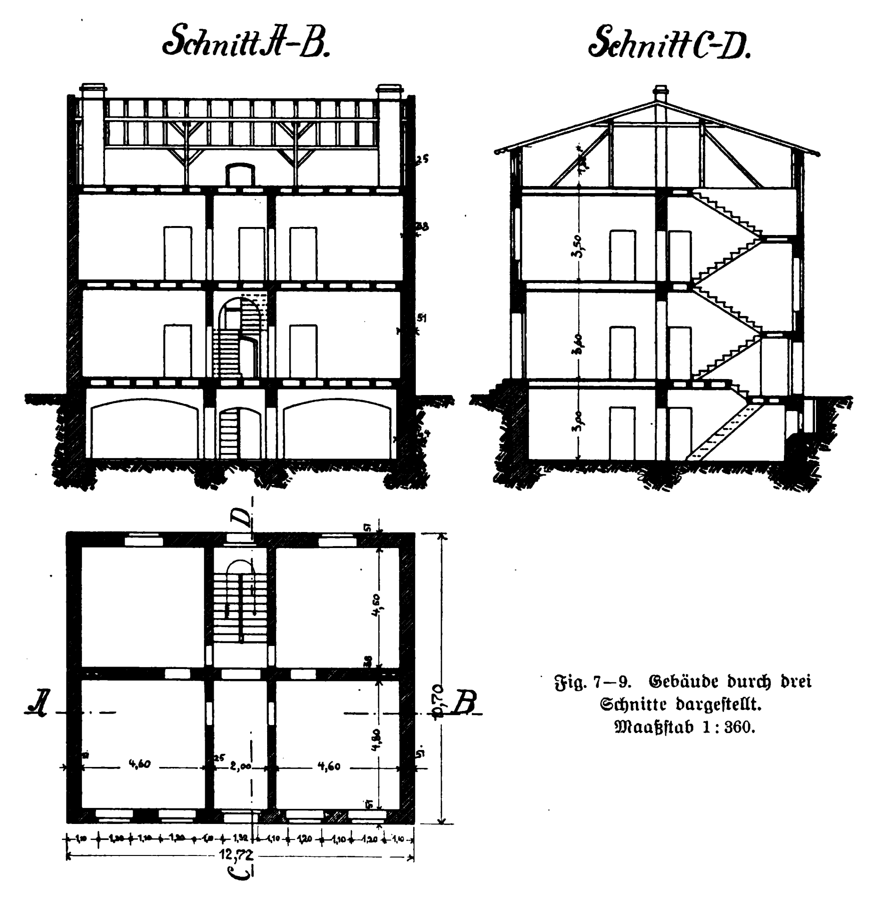


Fig. 7—9. Gebäude durch drei Schnitte dargestellt. Maaßstab 1 : 360.

durch die Thüren der Mittelwände hindurch, so daß der Schnitt an diesen Stellen nicht durch Mauerwerk geht, also nicht schraffirt werden darf. In den Hinterwänden der Vorderstuben sieht man die Thüren von vorn. Die Deckenbalken, welche senkrecht zur Hauptfront liegen, sind senkrecht durchschnitten, und erscheinen die Schnittflächen als Rechtecke, welche zum Unterschied von dem Mauerwerk schwarz gemacht sind. In dem durch den Schnitt geöffneten Dache sieht man die durchschnittenen Sparren in der

First ebenfalls schwarz und dahinter die schrägen Sparren, welche in der Mitte sowohl als an der Hinterwand durch Längsbalken getragen werden. Diese Längsbalken sind an den Giebelwänden und zweimal in der Mitte durch Holzstiele mit Kopfstreben unterstützt.

Der Querschnitt CD ist in der Richtung der entsprechenden Linie CD im Grundriß gedacht, geht also durch die Hausthür, vor der drei Stufen liegen, durch den vorderen Flur, durch die Treppe und durch die hintere Hofthür hindurch. Die Deckenbalken der Stuben sieht man in der Längsrichtung, die des Flures im Schnitt. Oben im Dach erscheinen die schrägliegenden Sparren in der Ansicht und die Längsbalken, welche diese tragen, im Schnitt.

Der Grundriß bildet einen wagerechten Schnitt durch das Erdgeschoß des Gebäudes in Fensterhöhe, so daß die Zahl, die Lage und deren Breite zum Ausdruck kommt. Ferner sind sowohl die äußeren Abmessungen des Gebäudes, als auch das einzelne Zimmer in demselben dargestellt. Man sieht die Wandstärken in diesem Stock, während für den Keller, den ersten Stock und das Dachgeschoß die Wandstärken in dem Längsschnitt zu sehen sind.

Bei genauerer Betrachtung der drei Zeichnungen bekommt man jede Auskunft, welche man über das Gebäude zu erhalten wünscht, und ein Techniker oder Bauhandwerker bekommt durch die Zeichnung eine genaue Vorstellung, wie das Gebäude fertig hergestellt aussieht.

Auf Seite 78 befindet sich eine Dampfmaschinen-Zeichnung mit den nothwendigen Schnitten, wodurch die Bauart der Maschine in allen ihren Theilen dargestellt ist, so daß die Maschine nach dieser Zeichnung angefertigt werden kann.

Jeder Praktiker, welcher mit Bau- oder Maschinenzeichnungen zu thun hat, muß sich bemühen, diese Fertigkeit — technische Zeichnungen zu verstehen — ebenfalls zu erlangen.

Eis, Wasser, Wasserdampf.

1. Eis.

Flüssiges Wasser von 0° verwandelt sich, wenn ihm Wärme entzogen wird, in Eis, nur künstlich kann Wasser unter 0° flüssig erhalten werden. Wird unter 0° kaltem Eise Wärme zugeführt, so erwärmt es sich nur bis 0° und bleibt diese Temperatur auch in dem bereits verflüssigten Wasser bestehen, solange bis das ganze Eis geschmolzen ist; eine vermehrte Wärmezufuhr bewirkt nur ein schnelleres Schmelzen der Eisstücke.

1 kg Wasser von 0° müssen 79 Wärmeeinheiten[1]) entzogen werden, um es in Eis überzuführen, umgekehrt müssen 1 kg Eis 79 Wärmeeinheiten zugeführt werden, um es zu schmelzen; wenn also in einem Keller 50 kg Eis schmelzen, gebraucht das Eis $50 \cdot 79 = 3950$ W.-E., welche der Kellerluft entzogen werden, wodurch diese abgekühlt wird.

Eis ist leichter als Wasser, es schwimmt auf demselben, sein spezifisches Gewicht beträgt bei $0° = 0{,}917$. Wird Eis abgekühlt, so nimmt sein Raum ebenso wie das jedes anderen festen Körpers entsprechend seiner Temperatur ab; die Eisdecke auf dem See bekommt bei starker Kälte Risse, weil sie sich zusammenzieht und am Ufer festhaftet.

Zur Abkühlung von Eis ist nicht mehr so viel Wärmeentziehung nöthig, als zur Abkühlung von Wasser, 1 kg Eis werden nur 0,504 W.-E. entzogen, wenn es um je 1° abgekühlt werden soll, die spezifische Wärme des Eises beträgt 0,504.

Zur Bildung von 1 kg Eis von —5°[2]) in der Eismaschine aus Brunnenwasser von +10° sind folgende Wärmemengen erforderlich:

Zur Abkühlung des Wassers von +10° auf 0°	= 10	W.-E.
Zur Umwandlung des Wassers von 0° in Eis von 0°	= 79	„
Zur Abkühlung des Eises von 0° auf $-5° = 5 \cdot 0{,}5$	= 2,5	„
	91,5	W.-E.

Da das künstliche Eis aus den Eiszellen, in denen es entstanden ist, herausgeschafft, abgethaut, werden muß, gehen 7 bis 8 v. H. je nach der Güte, der Glattwandigkeit der Eiszellen wieder in Wasser über, so daß in der Praxis in der Regel 100 W.-E. zur Bildung von 1 kg Kunsteis gerechnet werden.

---

1) Wärmeeinheit oder Calorie — W.-E. oder C. abgekürzt geschrieben — ist die Wärmemenge, welche nöthig ist, um 1 kg Wasser um 1° C. zu erwärmen bezw. abzukühlen.

2) Alle Temperaturangaben beziehen sich auf den hunderttheiligen Thermometer nach Celsius.

1 cbm Eis, wenn es ganz ohne Zwischenräume in dem Eiskeller gepackt werden könnte, würde 1000 · 0,917 = 917 kg wiegen. In der Praxis rechnet man mit Berücksichtigung der Zwischenräume 750 kg für 1 cbm Eis. Ein Eiskeller von 20 m Länge, 7,5 m Breite und 8 m Höhe = 1200 cbm faßt darnach 1200 · 750 = 900 000 kg = 18 000 Ctr. Eis.

2. Wasser.

Flüssiges, reines Wasser ist bei 4° am dichtesten, sein Raum nimmt sowohl bei einer Temperaturzunahme, wie bei einer Temperaturabnahme zu. Auch beim Uebergang in Eis nimmt der Raum noch zu, und erfolgt die Ausdehnung mit so großer Gewalt, daß Gefäßwände oder Röhren bersten, wenn eingeschlossenes Wasser darin gefriert.

Temperatur °C.	1 kg Wasser mißt Liter	1 Liter Wasser wiegt kg
— 10	1,00186	0,99815
— 5	1,00070	0,99929
0	1,00013	0,99987
+ 4	1,00000	1,00000
10	1,00025	0,99975
15	1,00084	0,99916
20	1,00174	0,99826
30	1,00425	0,99577
40	1,00770	0,99236
50	1,01195	0,98820
60	1,01691	0,98338
70	1,02256	0,97793
80	1,02887	0,97194
90	1,03567	0,96556
100	1,04312	0,95866

Wenn aus einem Trebertrockenapparat in der Stunde 350 Liter Dampfwasser von 60° abfließt, so wiegt dieses Wasser nach der Tabelle

350 · 0,98338 = 344,18 kg

und der Apparat hat 344,18 kg Dampf in der Stunde gebraucht.

Wasser läßt sich in einem geschlossenen Gefäß so wenig zusammendrücken, daß es in der Praxis als unelastisch bezeichnet werden kann.

Die Wärmemenge, welche erforderlich ist, um Wasser um je einen Grad zu erwärmen, ist nicht bei allen Temperaturen genau dieselbe; die spezifische Wärme des Wassers ist also nicht konstant, dieselbe beträgt z. B. bei 100° = 1,005. Die Wärmemenge, welche in 1 kg Wasser von 100° enthalten ist, beträgt also 100 · 1,005 = 100,5 W.-E. — Siehe Dampftabelle S. 28.

3. Wasserdampf.

Dampf bildet sich bei jeder Temperatur aus dem Wasser, auch Schnee und Eis verdunsten, ohne vorher zu schmelzen. Je höher die Temperatur, um so lebhafter ist die Verdunstung; beim Siedepunkt findet eine Dampfbildung in der ganzen Masse statt, dies heißt verdampfen, die Spannkraft der aufsteigenden Dampfblasen ist dann größer als der auf dem Wasserspiegel lastende Druck. Der Siedepunkt ist in einem offenen Gefäß von dem äußeren Atmosphärendruck abhängig (Barometerstand), in einem geschlossenen Gefäß (Dampfkessel) von dem im Kessel herrschenden Ueberdruck.

Der Druck des Dampfes und jeder anderen Gasart oder auch einer Flüssigkeit, der in einem geschlossenen Gefäß auf die Gefäßwände ausgeübt wird, wird mit dem Druck der atmosphärischen Luft verglichen und nach Atmosphären gemessen.

Die atmosphärische Luft übt auf je einen Quadratcentimeter Fläche der Erdoberfläche im Mittel einen Druck von 1,033 kg aus, welcher einer Quecksilbersäule von 76 cm oder einer Wassersäule von 10,33 m das Gleichgewicht hält.

In der Technik wird die Zahl 1,033 auf 1,00 kg abgerundet; die technische Atmosphäre ist 1 kg auf 1 qcm Fläche, sie entspricht 73,55 cm Quecksilbersäule.

Zum Messen des Druckes dienen Manometer, dieselben zeigen den Ueberdruck an, welcher angiebt, um wie viel mehr als die äußere Atmosphäre das Gas oder die Flüssigkeit Druck besitzt. Der Gesammtdruck ist also um 1 Atm. höher. Die Tabellen in den meisten Hülfsbüchern beziehen sich auf den Gesammtdruck, die hier aufgenommenen Zahlentabellen dagegen auf den Ueberdruck, der auf dem Manometerzifferblatt wirklich abgelesen wird.

1. offenes Quecksilbermanometer. Auf der Skala der Zeichnung Seite 33 sind rechts die Atmosphären auf 1 qcm = 1,033 kg, links die technischen Atmosphären auf 1 qcm = 1 kg angegeben.
2. Federmanometer.
   a) Röhrenfedermanometer.
   b) Plattenfedermanometer.

Der Druck, den ein Lagerfaßboden während des Abziehens bei Anwendung von 0,5 Atm. Ueberdruck auszuhalten hat, wenn er 1,9 m = 190 cm Durchmesser hat, beträgt:

$$\frac{190^2 \cdot 3,14 \cdot 0,5}{4} = 14\,176,5 \text{ kg}$$

wenn der Druck nur um 0,1 Atm. erhöht wird, steigt der Druck auf 17 011,8 kg, also um 2835,3 kg.

Der Raum, welchen Wasserdampf bei 0 Atm. Ueberdruck einnimmt, ist 1650 mal so groß als der Raum des Wassers, aus dem er entstanden ist; sein spezifisches Volumen ist 1650. Dampf von 1 Atm. Ueberdruck = 2 Atm.

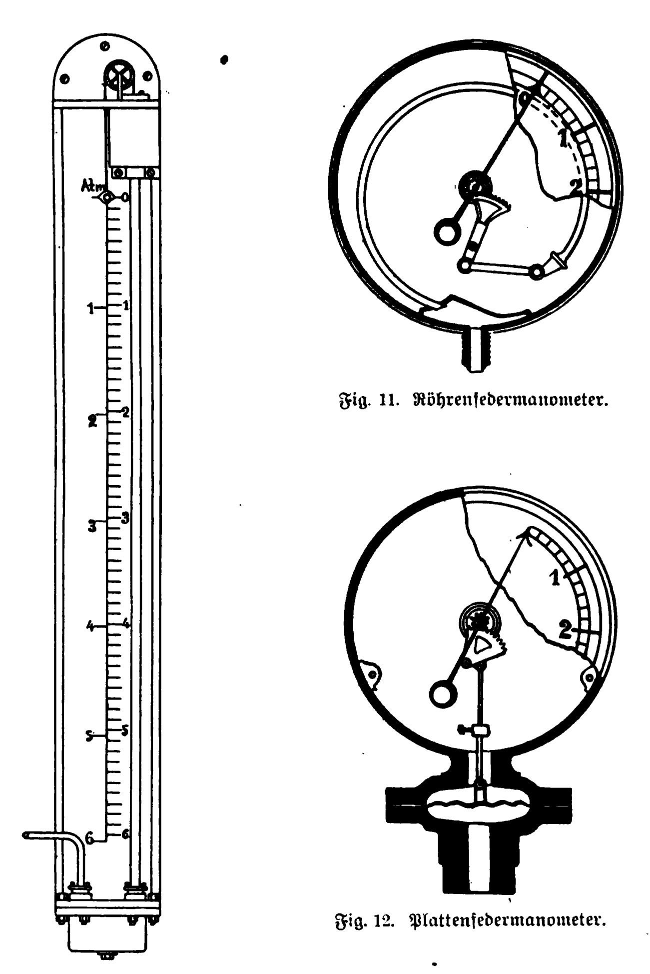


Fig. 10. Quecksilbermanometer.

Fig. 11. Röhrenfedermanometer.

Fig. 12. Plattenfedermanometer.

Gesammtdruck nimmt rund einen halb so großen Raum ein, von 2 Atm. Ueberdruck = 3 Atm. Gesammtdruck $\frac{1}{3}$ u. s. w. Der Rauminhalt des Dampfes steht im umgekehrten Verhältniß zu dem Druck.

Genau befolgt der Dampf dieses Gesetz nicht, die richtigen Raumverhältnisse bezw. die Gewichte für je 1 cbm Dampf sind in der Dampftabelle Seite 28 angegeben.

Die Temperatur des Dampfes wächst nicht in dem gleichen Verhältniß wie der Druck desselben, sondern viel langsamer, Dampf von 1 Atm. Ueberdruck ist 119,6° und von 10 Atm. 183,1° warm.

Dampftabelle.

Ueberdruck in Atm. kg auf 1 qcm	Temperatur °C.	1 cbm wiegt kg	1 kg mißt Liter	Flüssigkeits-wärme in W.-E.	Gesammt-wärme in W.-E.
— 0,9	45,6	0,067	15 030	45,65	620,4
— 0,5	80,9	0,303	3 296	81,19	631,2
0,0	99,1	0,582	1 716	99,58	636,7
0,033	100,0	0,606	1 650	100,50	637,0
0,5	110,8	0,852	1 173	111,42	640,3
1,0	119,6	1,116	895	120,37	643,0
1,5	126,7	1,376	726	127,66	645,2
2,0	132,8	1,633	611	133,85	647,0
2,5	138,1	1,888	529	139,27	648,6
3,0	142,8	2,140	466	144,10	650,1
3,5	147,1	2,390	417	148,48	651,4
4,0	151,0	2,641	378	152,48	652,5
4,5	154,6	2,886	346	156,18	653,6
5,0	157,9	3,132	318	159,68	654,7
5,5	161,1	3,376	295	162,85	655,6
6,0	164,0	3,619	275	165,89	656,5
6,5	166,8	3,861	258	168,76	657,4
7,0	169,5	4,103	243	171,49	658,2
7,5	172,0	4,344	229	174,09	658,9
8,0	174,4	4,583	217	176,58	659,7
8,5	176,7	4,822	206	178,96	660,4
9,0	178,9	5,061	196	181,24	661,1
9,5	181,0	5,297	188	183,44	661,7
10,0	183,1	5,534	180	185,56	662,2

Zur Ueberführung von Wasser von einer bestimmten Temperatur in Dampf von der gleichen Temperatur, ist eine bestimmte verhältnißmäßig große Wärmemenge erforderlich, die von dem Druck, bei dem die Verdampfung vor sich geht, abhängig ist. Sie fällt bei zunehmendem Druck bezw. Temperatur allmählich bis Null; diese Temperatur heißt der kritische Punkt, bei Wasser liegt er sehr hoch, bei flüssiger Kohlensäure aber schon bei +32°.

Um 1 kg Wasser von 0 Atm. Ueberdruck = 100°, also im offenen Gefäß in Dampf von 100° zu verwandeln, sind rund 537 W.-E. erforderlich, die

gebundene oder latente Wärme von 1 kg Dampf beträgt bei 100° 537 W.-E. Außer der gebundenen Wärme enthält der Dampf noch die Wärme, welche nothwendig war, um das Wasser bis auf die Verdampfungstemperatur zu bringen, die Flüssigkeitswärme. Die Gesammtwärme des Dampfes ist demnach die Summe der Flüssigkeitswärme und der gebundenen Wärme.

1. Um 15 hl Wasser von 12° Anfangstemperatur in einem Spänekocher zum Kochen zu bringen, werden gebraucht $1500 \cdot (100 - 12) = 132\,000$ W.-E. Wird der Dampf direkt in das Wasser geblasen, und hat er hinter dem Eingangsventil 2 Atm. Spannung, so bringt je 1 kg Dampf nach der Tabelle 647,0 W.-E mit, welche zunächst $647{,}0 - 12 = 635{,}0$ W.-E. und, wenn das Wasser kochend ist, $647 - 100 = 547{,}0$ W.-E. an das Wasser abgeben, im Durchschnitt

$$\frac{635{,}0 + 547{,}0}{2} = 591{,}0 \text{ W.-E.}$$

Um 132 000 W.-E. dem Wasser zuzuführen, werden $\frac{132\,000}{591{,}0} = 223{,}5$ kg Dampf gebraucht.

2. In einer Dampfpfanne werden 73 hl Bier von 70° C. Anfangstemperatur zum Kochen gebracht und bis auf 64 hl eingedampft, also $73 - 64 = 9$ hl verkocht. Wenn das spezifische Gewicht und die spezifische Wärme des Bieres mit 1 angenommen wird, so gehören zum Erwärmen bis auf 100° C.

$$7300(100 - 70) = 219\,000 \text{ W.-E.}$$

und zum Verdampfen von 9 hl = 900 kg

$$900(637 - 100) = 483\,300 \text{ W.-E.}$$

zusammen 702 300 W.-E.

Wenn der Dampf mit 2,5 Atm. in den Dampfraum eintritt, kann er sich bezw. das Dampfwasser bei unendlich großer Heizfläche bis auf die Temperatur des kochenden Bieres = 100° abkühlen, wobei 1 kg Dampfwasser 100,5 W.-E. wieder abführt. Jedes Kilogramm Dampf ist theoretisch im Stande nach der Tabelle abzugeben:

$$648{,}6 - 100{,}5 = 548{,}1 \text{ W.-E.}$$

Es müssen dem Bier also

$$\frac{702\,300}{548{,}1} = 1281{,}3 \text{ kg Dampf}$$

zugeführt werden.

Wenn keinerlei Verlust durch Abkühlung stattfände und der Dampf absolut trocken in den Heizraum der Pfanne käme, müßten 1281,3 kg Dampfwasser aus der Pfanne abfließen.

Wenn der praktische Versuch 1343,1 kg Dampfwasser ergiebt, so beträgt der Nutzeffekt der Pfanne:

$$\frac{1281{,}3}{1343{,}1} = 0{,}954 \text{ oder } 95{,}4 \text{ v. H.}$$

Brennstoffe.

Unsere festen Brennstoffe enthalten neben den brennbaren Bestandtheilen mehr oder weniger mineralische Beimengungen und je nach der Herkunft der Kohle wechselnde Mengen hygroskopisches Wasser. Die eigentliche Kohlensubstanz besteht aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff und sehr wenig Schwefel. Die unverbrennlichen Gemengtheile, welche beim Verfeuern die Asche bilden, können thoniger, sandiger oder schieferiger Natur sein. Die Hauptmenge des in den Brennstoffen vorkommenden Schwefels ist als Schwefelkies den Aschebestandteilen beigemengt. Die Neigung der Asche, auf dem Roste Schlacken zu bilden, wird durch das Verhalten des in jedem Falle vorwiegenden Aschebestandteils in der Hitze bedingt.

Die Wärmemenge, welche ein Brennmaterial beim Verfeuern entwickelt, ist im Allgemeinen um so höher, je größer sein Gehalt an brennbarer Substanz ist. Letztere ist deshalb ausschlaggebend für die Beurtheilung der Güte eines Heizstoffes. Ein hoher Feuchtigkeitsgehalt wirkt vor Allem erniedrigend auf den Werth sämmtlicher Brennstoffe ein.

Die Elemente, aus welchen die brennbare Substanz der verschiedenen Heizstoffe besteht, sind darin in den wechselndsten Gewichtsverhältnissen mit einander vereinigt. Mit zunehmendem Alter einer Kohle nimmt der Kohlenstoffgehalt stetig zu, während die Menge der übrigen Bestandtheile allmählich abnimmt. Diese Verschiebung in den Konstitutionsverhältnissen kommt deutlich in dem Verhalten von Brennstoffsorten verschiedenen Alters zum Ausdruck. Der jüngste Heizstoff, das Holz, brennt beispielsweise leicht an und erzeugt eine stark leuchtende Flamme, während der älteste Brennstoff, der Anthracit, nur schwierig direkt zu entzünden ist und dann mit nicht leuchtender Flamme verbrennt.

Für die Beurtheilung der vortheilhaften Verfeuerung des einen oder anderen Feuerungsmaterials sind diese Eigenschaften sehr wichtig, sowohl die Zugverhältnisse als auch die Art der Rostanlage müssen hiernach eingerichtet werden.

Die Vertheilung der Hauptbestandtheile der Brennstoffe verschiedenen Alters ist folgende:

(Siehe Tabelle auf S. 31)

Die bei der Verfeuerung der Heizstoffe entstehende Wärme wird durch die Verbrennung des Kohlenstoffs und Wasserstoffs erzeugt. Diese beiden Elemente liefern bei ihrer Vereinigung mit Sauerstoff verschiedene Wärmemengen; letztere sind jedesmal von dem entstehenden Endprodukte abhängig.

Brennstoff	Kohlenstoff v. H.	Wasserstoff v. H.	Sauerstoff v. H.
Holzfaser	50	6,0	43
Jüngerer Torf	54	6,0	40
Aelterer Torf	60	6,0	34
Braunkohle	70	5,5	24,5
Fette Steinkohle (Gaskohle)	80	5,0	15,0
Magere Steinkohle. . . .	88	4,0	8,0
Anthracit	95	2,0	3,0

	W.-E.
1 kg Kohlenstoff zu Kohlensäure verbrannt liefert	8 100
1 „ „ „ Kohlenoxyd „ „	2 473
1 „ Kohlenoxyd zu Kohlensäure „ „	2 403
1 „ Kohlenwasserstoff zu Kohlensäure und Wasserdampf verbrannt liefert	12 066
1 „ Kohlenwasserstoff zu Kohlensäure und Wasser flüssig verbrannt liefert	13 344
1 „ Wasserstoff zu Wasserdampf verbrannt liefert	28 800
1 „ „ „ flüssigem Wasser verbrannt liefert	34 800

Die Wärmemenge, welche bei der Verbrennung von 1 kg eines Brennstoffes entwickelt wird, ausgedrückt in Wärmeeinheiten, heißt sein Heizwerth. Unter der Voraussetzung, daß die Verbrennung des Kohlenstoffs und Wasserstoffs vollkommen ist, so daß die Endprodukte aus Kohlensäure und Wasserdampf bestehen, wird der Heizwerth aus der chemischen Zusammensetzung des Brennstoffes nach der deutschen Dulong'schen Formel — der sogenannten „Verbandsformel" — bestimmt.

$$\text{W.-E.} = 8100\,C + 29\,000\left(H - \frac{O + N}{8}\right) + 2500\,S - 600\,W.$$

Es bedeutet:

C den Kohlenstoffgehalt in 1 kg des Brennstoffes,
H „ Wasserstoffgehalt „ 1 „ „ „
O + N „ Sauerstoff- + Stickstoffgehalt in 1 kg des Brennstoffes,
S „ Schwefelgehalt in 1 kg des Brennstoffes,
W „ Wassergehalt in 1 „ „ „

(Siehe Tabelle auf S. 32)

Gmelin hat festgestellt, daß sich der Heizwerth vieler Kohlen schon nach Ermittelung ihres Wasser- und Aschegehalts berechnen läßt, so daß in vielen Fällen von der Ausführung der vollständigen Analyse Abstand genommen werden kann. Er hat zu dieser Berechnung folgende Formel aufgestellt:

$$\text{W.-E.} = [100 - (W + A)]\,80 - C \cdot 6\,W.$$

Art des Brennstoffs	Kohlenstoff v. H.	Wasserstoff v. H.	Sauerstoff + Stickstoff v. H.	Schwefel v. H.	Wasser v. H.	Asche v. H.	Heizwerth aus der Analyse berechnet W.-E.
Schlesische Steinkohle	75,21	4,48	10,92	0,84	3,19	5,36	6996
Braunkohlenbriketts .	53,19	4,44	24,09	1,12	10,67	6,49	4687
Torf	37,27	3,46	23,67	0,53	21,94	13,13	3045

A = pCt. Asche, W = pCt. Wasser; C ist eine Konstante, welche vom Wassergehalte des Brennstoffs abhängig ist.

C = 0 bei einem Wassergehalt von weniger als 3 v. H.
C = 6 „ „ „ „ 3,0 — 4,5 v. H.
C = 12 „ „ „ „ 4,5 — 8,5 „
C = 10 „ „ „ „ 8,5 — 12,0 „
C = 8 „ „ „ „ 12,0 — 20,0 „
C = 6 „ „ „ „ 20,0 — 28,0 „
C = 4 „ „ „ „ über 28,0 v. H.

Der Heizwerth der im Beispiele erwähnten Schlesischen Steinkohle beträgt nach der Gmelin'schen Formel = 7201 W.-E. Dieser Werth stimmt mit dem nach der Verbandsformel ermittelten Heizwerth nur annähernd überein. Es giebt jedoch Fälle, in welchen die nach beiden Formeln berechneten Werthe gute Uebereinstimmung aufweisen. Während die Formel für Steinkohlen brauchbare Näherungswerthe liefert, ist ihre Verwendung zur Berechnung der Heizkraft der jüngeren Brennstoffe (Braunkohle, Torf) nicht angebracht. Sie reicht deshalb nur in ganz bestimmten Fällen zur raschen Orientirung aus.

Die Ausführung einer vollständigen Kohlenanalyse ist ziemlich umständlich und zeitraubend, außerdem setzt sich der hiernach berechnete Heizwerth aus den Resultaten mehrerer Einzelbestimmungen zusammen. Dieser Umstand kann auf das Endergebniß nachtheilig einwirken.

Nach dem Vorhergehenden ist der Werth der Heizstoffe in erster Linie abhängig von der Wärmemenge, welche sie bei vollkommener Verbrennung in Sauerstoff oder atmosphärischer Luft zu liefern vermögen. Die Bestimmung dieser Verbrennungswärme, des totalen Heizwerthes, besitzt daher besondere Wichtigkeit. Apparate, welche jetzt allgemein zu diesem Zwecke dienen, sind die Verbrennungskalorimeter, welche in verschiedener Ausführung in Gebrauch sind. Der Mechanismus dieser Einrichtung ist sehr einfach. Sie bestehen aus einer starken Stahlflasche, welche durch einen luftdicht schließenden Deckel verschlossen werden kann. Zur Erhöhung der

Dauerhaftigkeit ist die Flasche innen mit einem guten Emailleüberzug versehen und außen vernickelt. Das Arbeiten mit dem Apparate besteht darin, daß man eine genau gewogene Menge Brennstoff bei Gegenwart eines großen Sauerstoffüberschusses in der dicht verschlossenen Flasche vollständig verbrennt. Die Flasche wird dabei in einen Behälter mit einer gewogenen und temperirten Wassermenge gebracht, und das Ganze kommt in einen gut isolirten Luftmantel. Unter genauer Berücksichtigung des abkühlenden bezw. erwärmenden Einflusses der Zimmerluft auf das Meßwasser wird der Heizstoff in der Flasche durch einen elektrischen Strom entzündet und die an das Wasser abgegebene Wärme an einem Normalthermometer beobachtet. Durch Vervollkommnung, welche die Kalorimeter in den letzten Jahren erfahren haben, hat diese Methode der Heizwerthermittelung den größten Anspruch auf Genauigkeit. In vielen Laboratorien wird jetzt der Heizwerth aller Brennstoffe fast ausschließlich nach diesem Verfahren ermittelt. Der Unterschied zwischen dem nach der Verbandsformel berechneten und dem kalorimetrisch ermittelten Heizwerthe kann bis zu 3 pCt. (selten mehr) betragen, im Allgemeinen stimmen jedoch die Werthe auf 50 W.-E. überein. Die auf beide Weisen gefundenen Heizwerthe stimmen für die im Vorhergehenden als Beispiele angeführten Brennstoffe gut überein.

	Aus der Analyse berechnet für 1 kg W.-E.	Im Kalorimeter ermittelt für 1 kg W.-E.
Schlesische Steinkohle .	6996	7033
Braunkohlenbriketts .	4687	4665
Torf	3045	3036

In nachfolgender Zusammenstellung sind die kalorimetrisch ermittelten Heizwerthe einer Reihe von Brennstoffen neben dem Wasser- und Aschegehalt und der brennbaren Substanz angeführt, die meisten der Bestimmungen wurden von der feuerungstechnischen Abtheilung des Instituts für Gährungsgewerbe ausgeführt.

(Siehe Tabelle auf S. 34.)

Soll eine Brennstoffprobe zur Untersuchung gebracht werden, so ist sehr darauf zu achten, daß die an das Laboratorium gesandte Probe auch wirklich einer guten Durchschnittsprobe des Materials entspricht. Man entnimmt das Untersuchungsmaterial zweckmäßig während des Feuerns mit dem Heizstoffe und zwar vortheilhaft in folgender Weise:

Von jeder Ladung (Karre, Korb und dergl.) des zugeführten Brennstoffs wird eine Schaufel voll in ein mit einem Deckel versehenes Gefäß geworfen. Sofort nach Beendigung des Verdampfungsversuches wird der

Art des Brennstoffs	Wassergehalt v. H.	Aschegehalt v. H.	Brennbare Substanz v. H.	Heizwerth W.-E.
1. Holz (gewöhnlich feucht)	30	1,0	69,0	2500—3000
„ (Trockensubstanz)	—	—	—	4500
2. Torf	10,84	4,14	85,02	4030
„	19,99	10,10	69,11	3855
3. Braunkohle, Förderkohle (Nied.-Lausitz)	30—45	1—3	—	1800—2500
4. Braunkohlenbriketts .	8,35	6,45	85,20	4894
„	10,67	6,49	82,84	4665
„	18,11	6,10	75,79	4385
5. Steinkohle:				
gewöhnl. Förderkohle	3,66	13,28	83,03	6289
„ „	3,28	8,03	88,69	6702
gute Stückkohle . .	0,46	13,30	86,24	7118
„ „ . .	2,76	2,33	94,91	7482
Anthracit	2,0	2,0	96,0	8000—8100
Spiritus (denaturirt) 85,7 pCt.	14,3	—	—	5400
Spiritus (C_2H_5OH) 100 pCt.	0,0	—	—	7068
Petroleum, spez. Gew. 0,886	—	—	—	10672
Petroleum, spez. Gew. 0,786	—	—	—	10121
Benzin, spez. Gew. 0,68—0,70	—	—	—	10000
Leuchtgas, durchschnittl.	—	—	—	5000

Inhalt des Gefäßes zerkleinert, gemischt, quadratisch ausgebreitet und durch die beiden Diagonalen in vier Theile getheilt. Zwei einander gegenüberliegende Theile werden fortgenommen, die beiden anderen wieder zerkleinert, gemischt und getheilt. In dieser Weise wird fortgefahren, bis eine Probemenge von etwa 1—5 kg übrig bleibt, welche in gut verschlossenen Gefäßen bezw. dichten Holzkisten bei trockenem Material zur Untersuchung gebracht wird. Die größten Stücke der schließlich verbleibenden Probe sollen Walnußgröße nicht überschreiten.

Die Transportkosten verursachen beim Bezuge von Feuerungsmaterial noch eine wesentliche Ausgabe, diese Kosten sind deshalb stets besonders in

Rechnung zu ziehen, da sie sehr oft für die Auswahl einer angebotenen Brennstoffsorte bestimmend sein können. Die Bahnfracht wird bekanntlich ohne Rücksicht auf die Güte der Waare nach dem Gewichte des gelieferten Heizstoffs berechnet. Um daher an Frachtkosten zu sparen, wird es sich stets empfehlen an Orten, welche von Kohlengebieten weit entfernt sind, nur eine hochwerthige Kohle zu verfeuern. In der Nähe von Kohlenzechen wird sich dagegen der Brand mit einer minderwerthigen Kohle ebenso billig erzeugen lassen. An ein und demselben Orte läßt sich leicht durch einen einfachen Vergleich des Heizwerthes und des Ortspreises (frei Hof) unter verschiedenen angebotenen Brennstoffsorten das billigste Feuerungsmaterial herausfinden. Der Ortspreis umfaßt den Grubenpreis, die Transportkosten zur Bahnstation und die Abfuhr bis zur Verwendungsstelle.

Kostet beispielsweise eine Kohle 2,17 Mk. je 100 kg, so kostet 1 kg 2,17 Pf., wenn nun 1 kg 7325 W.-E. entwickelt, so kosten 100 000 W.-E. = 29,62 Pf. Man bezeichnet den Preis für 100 000 W.-E. eines Heizstoffs als den Wärmepreis des Materials.

Ein sparsamer Kesselbesitzer sollte nicht unterlassen, sich durch derartige Berechnungen Gewißheit darüber zu verschaffen, welcher Brennstoff bei den obwaltenden Verhältnissen den Vorzug verdient. Dabei kommt noch hinzu, ob das nach der Berechnung billigste Brennmaterial auch dem zugedachten Zwecke jedesmal angepaßt ist, d. h. ob es sich zur Dampferzeugung unter dem Kessel eignet, oder ob es vortheilhafter im Sudhause und in der Darre verfeuert wird. Im ersten Falle wird man wohl stets Steinkohlen (allein oder mit Preßkohlen vermischt) verwenden müssen, während man im Sudhause und in der Darre mit Braunkohlen oder Braunkohlenbriketts auskommt.

Wenn zwei Brennmaterialien zufällig denselben oder nahezu denselben Wärmepreis ergeben sollten, so wird man die Sorte bevorzugen, welche am wenigsten Asche und Schlacken bildet.

Bei der Auswahl eines Brennstoffs ist ferner zu beachten, daß sich die Anlage stets nach dem zur Verfügung stehenden billigsten Material richten muß. Jede Feuerungsanlage kann durch entsprechenden Umbau dem Heizstoffe angepaßt werden, sie läßt sich beispielsweise auch zur Verwendung des geringwerthigsten Materials (Sägemehl) einrichten.

Verbrennung, Rauch und Rauchverhütung, Feuerungs-anlagen.

1. Verbrennung, Entstehung und Verhütung von Rauch.

Wenn Brennstoff auf den Rost neu aufgeworfen wird, so wird er zunächst erhitzt und dadurch entgast. Ein Theil des Kohlenstoffes verbindet sich mit dem Wasserstoff, welche beide in dem Brennstoff enthalten sind, zu Kohlenwasserstoff (Leuchtgas). Dieser verbrennt zu Kohlensäure und Wasser, wenn eine genügende Menge Sauerstoff aus der Luft durch die Rostspalten zugeführt wird und eine genügend hohe Temperatur vorhanden ist. Der nach der Entgasung der Kohle zurückbleibende Kok besteht aus reinem Kohlenstoff, abgesehen von den nicht brennbaren Stoffen (Asche und Schlacke), und verbindet sich bei der Verbrennung mit dem Sauerstoff der Luft zu Kohlensäure.

Die Abzugsgase einer Feuerung bestehen demnach aus Kohlensäure, wenig Wasserdampf und dem aus der Luft mit eingeführten Stickstoff, also nur aus farblosen Gasen.

Eine Feuerung raucht, wenn ihr zu wenig Luft zugeführt wird, und auch, wenn ihr zu viel Luft zugeführt wird.

Wird der Feuerung zu wenig Luft, also zu wenig Sauerstoff zugeführt, um den Kohlenwasserstoff zu verbrennen, so löst sich die Verbindung wieder und der leicht entzündliche Wasserstoff verbrennt, während der Kohlenstoff unverbrannt übrig bleibt, den Ruß oder Rauch bildet.

Wird der Feuerung zu viel Luft zugeführt, welche immer im Verhältniß der Temperatur, welche in der Feuerung herrscht, kalt ist, so werden die Kohlenwasserstoffgase soweit abgekühlt oder nicht genügend erwärmt, so daß wieder eine Zersetzung eintritt, und der Wasserstoff, der sich bei niedrigerer Temperatur entzündet, verbrennt allein, während Kohlenstoff ausgeschieden wird und als Rauch entweicht.

Eine gut brennende Petroleumlampe ist eine rauchfreie Feuerung, werden die Zuglöcher unter dem Cylinder zugehalten, raucht die Lampe wegen Luftmangel; stellt man die Lampe in Zug, also an ein etwas geöffnetes Fenster, raucht die Lampe wieder wegen Luftüberschuß, weil die Kohlenwasserstoffgase über dem Docht zu stark abgekühlt werden, um verbrennen zu können.

Die richtige Zuführung von Luft zur Feuerung, ohne diese zu stark abzukühlen, wird bedingt:

1. durch die richtige Weite der Rostspalten im Verhältniß zu der Stückgröße der Kohle,
2. durch die richtige Höhe der Brennschicht im Verhältniß zur Stückgröße der Kohle. Stückkohle darf höher auf dem Rost aufgeschichtet werden als Feinkohle,
3. durch die richtige Größe der Rostfläche im Verhältniß zu dem Wärmebedarf. Ein Dampfkessel, der viel Dampf schaffen muß, gebraucht eine größere Rostfläche, als ein gleich großer Dampfkessel, der wenig Dampf zu liefern hat. Die Rostfläche muß dem Betriebe angepaßt sein.
4. durch die richtige Stellung des Rauchschiebers im Verhältnis zur Höhe und Weite des Schornsteines.

Das Heizen ist also eine Kunst, die wie ein Handwerk gelernt werden muß, und ein geschickter und fleißiger Heizer ist die beste Rauchverhütung und ersetzt gleichzeitig die werthvollste Feuerungsanlage.

Der aus dem Kohlenwasserstoffgas einmal ausgeschiedene Kohlenstoff, der sich zu größeren oder kleineren Flocken zusammenballt, läßt sich auf keine Weise nachträglich verbrennen, und alle Versuche, welche darauf ausgehen, sind ohne Erfolg geblieben. Eine Rauchverbrennung ist also praktisch unmöglich.

Man kann eine Feuerung derart einrichten oder die Feuerung derart führen, daß die Verbrennung rauchfrei erfolgt, aber sobald erst einmal Rauch entstanden ist, sobald Kohlenstoff vor der Entzündung ausgeschieden ist, kann dieser nachträglich nicht mehr entzündet werden. Alle Erfindungen, welche darauf ausgehen, Rauch zu verbrennen, sind als werthlos zu betrachten. Viele sogenannten Rauchverbrennungen beruhen nur auf einer Rauchverdünnung. Da die überflüssige Luft mit erwärmt werden muß, so ist mit der Rauchverdünnung eine Brennstoffverschwendung verbunden.

2. Feuerungsanlage.

1. Der Feuerraum für einen Dampfkessel

a) kann vor denselben gelegt werden — Vorfeuerung —. Dieselbe wird für Brennstoffe, welche eine so große Rostfläche erfordern, daß sie in dem Flammrohr des Kessels keinen Platz mehr findet, angewendet. Da die Wandungen einer Vorfeuerung zur Wärmeabgabe nicht benutzt werden, bildet sich eine sehr hohe Verbrennungstemperatur, die für geringwerthige Brennstoffe — erdige Braunkohlen —, welche einer großen Rostfläche bedürfen, besonders erwünscht ist, so daß hierfür eine Vorfeuerung am Platz ist. Die Vorfeuerung hat den Nachtheil, daß sie einen großen Raum vor dem Kessel einnimmt und Wärme durch Strahlung verloren geht.

b) Der Feuerraum kann in dem Dampfkessel selbst eingebaut sein — Innenfeuerung —, diese ist für Flammrohrkessel am gebräuchlichsten und für Steinkohle auch die geeignetste. Die Wandungen des Feuerraumes bilden einen Theil der Heizfläche des Kessels, so daß Strahlungsverluste nur durch die Thür stattfinden können. Die Entzündungstemperatur wird durch die Wärmeabgabe an die Kesselbleche erniedrigt und der Brennstoff wird nicht so vollkommen verbrannt, wie in einer Vorfeuerung. Wichtig ist deshalb, daß der Feuerraum möglichst hoch gemacht wird, damit das Feuer sich voll entwickeln kann, ehe es mit den kalten Kesselwandungen in Berührung kommt. Einflammrohrkessel mit sehr weitem Flammrohr werden den Zweiflammrohrkesseln aus diesem Grunde vorgezogen.

c) Unterfeuerung gilt für Dampfkessel als nicht angebracht, weil die Feuerplatten derselben an den tiefsten Stellen liegen, auf denen sich der meiste Kesselstein und Schlamm ablagert, und daher wegen ungenügender Abkühlung bald durchbrennen. Für Pfannenfeuerungen werden dagegen naturgemäß immer Unterfeuerungen, selten Vorfeuerungen angewendet, und läßt sich hier die Bedingung leicht erfüllen, dem Feuer einen hohen Raum zu geben, damit die Flamme erst ausbrennt, ehe sie zur Wärmeabgabe benutzt wird. Moderne Pfannenfeuerungen sind oft über 1 m hoch.

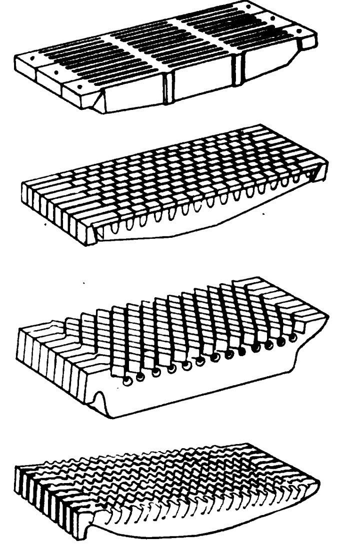
d) Der Rost bildet den Boden des Feuerraumes, er besteht aus einzelnen Roststäben, die mit Zwischenräumen, den Rostspalten, neben einander gelegt werden. Die Summe der Rostspalten bildet die freie, die Summe der Stäbe die tote Rostfläche. Liegt die Rostfläche wagerecht oder nahezu wagerecht, heißt er Planrost, werden die Stäbe stufenförmig und flach über einander gelegt, heißt er Treppenrost; stehen die Stäbe unter einem Winkel bis 60° geneigt, heißt er Schrägrost. Der Planrost wird für alle Brennstoffe, der Treppenrost nur für geringwerthige Braunkohle oder Sägemehl, der Schrägrost nur für Steinkohle benutzt. Die Vorliebe für letzteren ist bereits wieder in Abnahme, weil man erkannt hat, daß der Planrost für Steinkohle der geeignetste ist.

Die Spaltenbreite und Stegbreite des Planrostes wird der Korngröße des Brennstoffes angepaßt, grobe Stückkohlen vertragen bis 20 mm breite Spalten, feine Kohle nur 3 bis 4 mm. Die freie Rostfläche ist 0,25 bis 0,5 der ganzen. Weil sehr schmale Roststäbe leicht zerbrechen, werden diese aus Schmiedeeisen gemacht und 3 oder 4 Stäbe durch Niete unter einander verbunden, wobei die Spalten durch dreikantige Zwischenlagen gebildet werden.




Fig. 13—14. Schmiedeeiserner Rost.

In den meisten Fällen genügen gewöhnliche gerade gußeiserne Roststäbe; solche mit seitlichen Vorsprüngen oder Einschnitten, wobei beim Zusammenlegen neben den Längsfugen auch Querfugen entstehen, haben keine Vorteile weiter, als daß bei gleichem Verhältniß zwischen freier und toter Rostfläche die einzelnen Stäbe breiter und dadurch haltbarer werden.


Fig. 15—18. Verschiedene Rostformen.

Nach Prof. Fischer sind die Rostformen, welche in dem Bestreben, der Luft möglichst ungehinderten Zutritt zu dem Brennstoff zu gestatten, die Reinigung durch die Querfugen erschweren, wenig zu empfehlen; solche mit seitlichen Vorsprüngen an den Stäben, sogenannte Polygonroste, sind verwerflich.

Wichtiger als die Rostform ist die Rostgröße, diese muß genau den Betriebsverhältnissen angepaßt werden; ferner richtet sich dieselbe nach der Stückgröße des Brennstoffes, da Stückkohle während der Verbrennung höher aufgeschichtet werden darf, als Feinkohle, und weiter nach der Zugstärke.

Die Größe der Rostfläche eines Dampfkessels muß für jeden Einzelfall ausprobirt werden. Zur vorläufigen Bestimmung derselben wird der stündliche Dampfverbrauch bei Steinkohlenfeuerung mit 9 multiplizirt und das Produkt durch den Heizwerth der Kohle in W.-E. dividirt. Für Braunkohle und Torffeuerung wird der stündliche Dampfverbrauch mit 10 multiplizirt und durch den Heizwerth des Brennstoffes dividirt.

Ein Dampfkessel, der stündlich 720 kg Dampf schaffen muß, wozu 45 bis 48 qm Heizfläche nothwendig sind, erhält für Steinkohlen von 6800 W.-E. Heizwerth:

$$\text{Rostfläche} = \frac{720 \cdot 9}{6800} = 0{,}95 \text{ qm},$$

für Braunkohle von 3500 W.-E.

$$\text{Rostfläche} = \frac{720 \cdot 10}{3500} = 2{,}06 \text{ qm}.$$

Nur wenn die Größe der Heizfläche dem Betriebe angemessen ist, läßt sich eine passende Rostgröße anbringen; ein zu kleiner Dampfkessel muß eine verhältnißmäßig große Rostfläche bekommen, wodurch die Heizgase wärmer als nothwendig (250 bis 300°) nach dem Schornstein abziehen. Eine zu große Rostfläche für einen für den Betrieb passend großen Dampfkessel läßt mehr Luft durch die Spalten ziehen, als zur Verbrennung nothwendig ist, was namhafte Verluste an Wärme und Kohle verursacht.

Würde aller in die Feuerung kommender Sauerstoff in Kohlensäure verwandelt, so würden die abziehenden Heizgase 21 v. H. Kohlensäure enthalten, abgesehen von dem zur Wasserbildung nothwendigen Sauerstoff; in der Praxis muß aber immer mit einem Luftüberschuß gearbeitet werden, so

daß vorzügliche Feuerungsanlagen höchstens 18 v. H., in der Regel etwa 15 v. H. Kohlensäure in den abgehenden Heizgasen enthalten.

Die Feuerungsanlagen werden deshalb durch Analysirung der abziehenden Heizgase, wozu besondere Apparate von Orsart, Bunte u. s. w. vorhanden sind, und gleichzeitiger Temperaturmessung der letzteren geprüft.

Kohlensäure-Gehalt der Rauchgase v. H.	der Feuerung wird zugeführt das vielfache Luftquantum von dem theoretisch-nothwendigen	Wärmeverlust bei 270° der Abzugsgase v. H.
15	1,3	12
14	1,4	13
13	1,5	14
12	1,6	15
11	1,7	16
10	1,9	18
9	2,1	20
8	2,4	23
7	2,7	26
6	3,2	30
5	3,8	36
4	4,7	45
3	6,3	60
2	9,5	90

3. Besondere Feuerungsanlagen zur Rauchverhütung.

Es giebt eine große Anzahl besonderer Feuerungsanlagen, welche das Rauchen des Schornsteines vermeiden wollen. Der Werth derselben muß darnach beurtheilt werden, ob diese Anlagen den gebildeten Rauch nur verdünnen, also mit einem hohen Luftüberschuß arbeiten, oder ob sie die Bildung von Rauch durch passende Vorwärmung und Entgasung des Brennstoffes verhüten. Erstere sind als werthlos zu bezeichnen und letztere, die an und für sich Vorzügliches leisten, sind leider für Brauereien wenig angebracht, weil die Regulirbarkeit des Feuers, wodurch mit derselben Feuerung zeitweise die doppelte Dampfmenge geschafft werden muß, nicht genügend durchgeführt werden kann. Durch das Preisausschreiben der Versuchs- und Lehranstalt für Brauerei im Jahre 1901 sind die Feuerungen von

Müller & Korte in Pankow-Berlin und J. A. Topf & Söhne in Erfurt — siehe Seite 44 — als gute Brauereifeuerungen erkannt worden. Beide beziehen sich auch auf Planrostfeuerungen, welche den Schrägrosten im Allgemeinen auch vorzuziehen sind.

1. Wenn die frischen Kohlen auf einem gewöhnlichen Planrost nicht gleichmäßig vertheilt werden, sondern dieselben vorn an der Thür hoch aufgeschichtet und hinten an der Feuerbrücke niedrig gehalten werden, findet eine Vorwärmung, Entgasung und, wenn auch nicht eine rauchfreie, so doch eine rauchschwache Verbrennung statt.

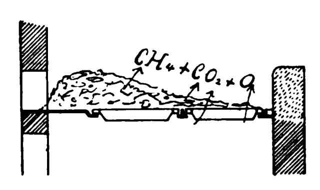


Fig. 19. Gewöhnlicher Planrost.

2. Die Wilmsmann'sche Wehrfeuerung hat über dem Planrost, der aus schmiedeeisernen glatten Quadratstäben gebildet wird, ein Gewölbe oder ein Wehr. Die Kohlen werden so hoch gegen das Gewölbe aufgeworfen, daß die Feuerung in einen Entgasungs- und in einen Verbrennungsraum getheilt wird. Wenn die Feuerung zeitweise größere Wärmemengen zu bilden hat, als dies bei dem durch die Kohlen verschlossenen Wehr möglich ist, so kann die Feuerung wie jede andere Planrostfeuerung bedient werden, weshalb sie für Braupfannen und Darren besonders geeignet ist.

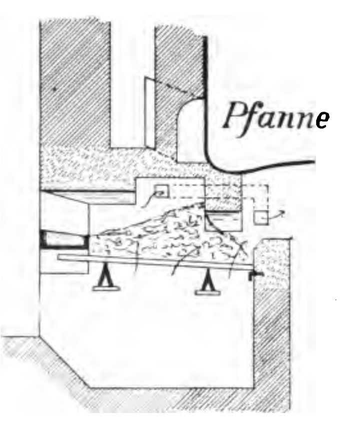


Fig. 20. Wilmsmann-Wehrfeuerung.

3. Georg Brown Brock wendet eine Feuerbrücke an, welche über dem Rost ein Gewölbe bildet, wodurch die heißen, sauerstoffreichen Heizgase rückwärts über den frischen, noch kohlenwasserstoffreichen Brennstoff hinwegziehen und eine rauchfreie Verbrennung herbeigeführt wird. Das Gewölbe über dem Rost wird durch Hitze stark angegriffen und dürfte öfter ausgebessert bezw. erneuert werden müssen.

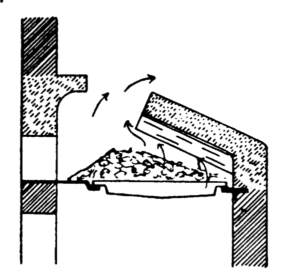


Fig. 21. Brock-Feuerung.

Um das Oeffnen der Feuerthür und damit das Einsaugen von kalter Luft während des Schürens zu verhindern, sind verschiedene Einrichtungen entstanden.

4. Der Kettenrost von Taiser besteht aus zwei Ketten ohne Ende mit flachen Gliedern, denen durch zwei Trommeln eine geringe Vorschubgeschwindigkeit ertheilt wird. Zwischen den beiden Ketten befinden sich die ein Band ohne Ende bildenden Roststäbe, welche auf ihrem Wege die

nöthigen Kohlen aus einem Fülltrichter mitnehmen und denselben verschieben, wobei sie erwärmt, entgast und schließlich verbrannt werden.

Die ganze Rostanlage ist auf einem Wagen aufgebaut und kann aus dem Feuerungsraum herausgeschoben werden. Auf der Düsseldorfer Ausstellung 1902 sind verschiedene Kettenroste in Thätigkeit.

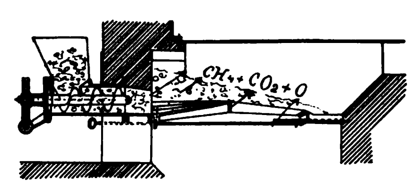


Fig. 22. Schultz-Feuerung.

5. L. Schultz-Meißen baut eine Feuerung, deren Rost in der Mitte etwas erhöht ist. Die Thür stellt ein Rohr mit einer Schnecke dar, welche die Kohlen in die Feuerung schaffen soll, wo sie allmählich erwärmt und entgast und erst auf der hintern Hälfte des Rostes verbrannt werden.

6. Cario-Magdeburg erhebt den Rost der Länge nach in der Mitte dachförmig und vergrößert dadurch die Breite des Rostes. Die Neigung wird dem Böschungswinkel des betreffenden Brennstoffes angepaßt. Die Rostträger liegen nicht wie gewöhnlich quer, sondern längs der Feuerung, sind also in der Feuerbrücke und vorn in der Stirnwand der Feuerung gelagert. Zur Beschickung des Rostes wird durch die Thür ein langes, oben offenes Rohr auf die First des dachförmigen Rostes in die Feuerung eingeführt, welches vorher mit Brennstoff geladen war. Der Inhalt der Rohrschaufel wird durch Umkippen derselben auf den Rost entleert.

7. Die Firma H. R. Heinicke in Chemnitz führt eine ähnliche, rauchverzehrende Feuerung nach dem Patent Haage aus. Auch hier werden die Kohlen mit einer langen Schaufel, die eine Beschickung faßt, in die Feuerung eingeführt und durch Umdrehen der Schaufel aufgeschüttet.

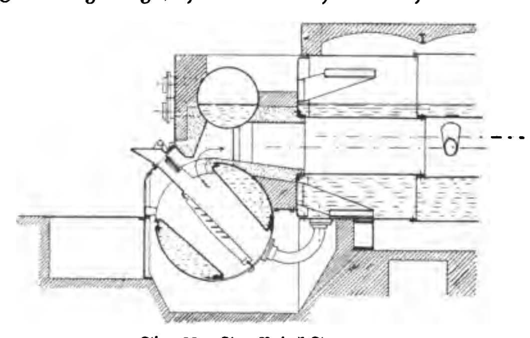


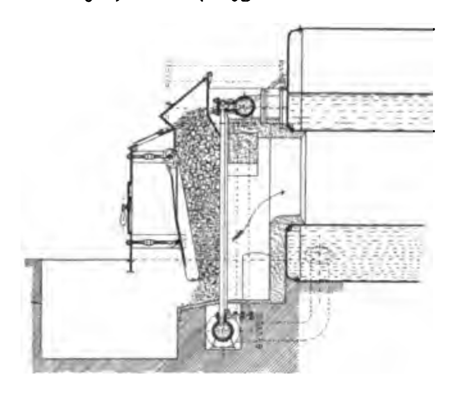
Fig. 23. Ten-Brink-Feuerung.

8. Ten-Brink Feuerung. Der Erfinder Ten-Brink dieser allbekannten, weit verbreiteten Feuerung ist ein deutscher Fabrikbesitzer in Arlen (Baden). Der Rost steht schräg in einem Flammrohr eines besonderen Querkessels. Unten bildet die Asche und Schlacke den Verschluß. Oben ist ein Fülltrichter angesetzt, durch den die Kohlen eingeführt werden, und der dauernd voll gehalten werden muß, um der Luft den Zutritt durch den Fülltrichter unmöglich zu machen.

Der Vorgang der Verbrennung ist immer der gleiche: die Kohlen werden zunächst erwärmt, dabei entgast und entzünden sich erst auf der

unteren Rosthälfte. Das hellbrennende Feuer muß hier vollständig rückwärts über die noch Gas abgebenden Kohlen streichen, wodurch dasselbe mit verbrannt wird. Diese Feuerung arbeitet mit geringem Luftüberschuß, also mit hohem Kohlensäuregehalt der abziehenden Heizgase.

9. Donneley-Feuerung. Der vordere, vollständig senkrechte Rost besteht aus Wasserröhren, die oben und unten in je einem gemeinschaftlichen Querrohr stehen, das mit dem Wasserraum des Dampfkessels in Verbindung steht. Vor dem Röhrenrost hängt an einer Querstange eine massive Rostreihe, die unten gegen eine zweite Querstange sich anlegt, welche dem Röhrenrost mehr oder weniger genähert werden kann, wodurch der Raum zwischen den beiden Rostreihen breiter oder schmaler gemacht werden kann. Dieser Raum zwischen den beiden Rosten dient zur Aufnahme der Kohlen, die von oben her durch eine Klappe eingefüllt werden. Asche und Schlacken bilden auch hier den natürlichen Verschluß nach unten. Die Dampfkessel der städtischen Pumpstation in der Seestraße sind mit dieser Feuerung ausgerüstet.



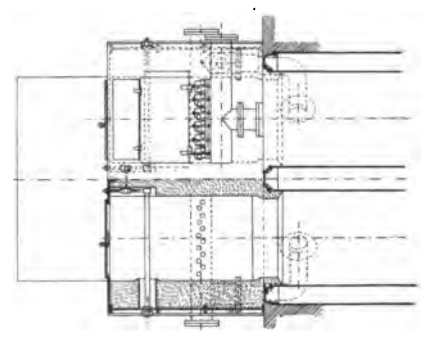


Fig. 24—25. Donneley-Feuerung.

10. Kuhn'sche Feuerung. Die Maschinenfabrik G. Kuhn in Stuttgart-Berg erweitert das Flammrohr des Dampfkessels vorn zur Aufnahme der Feuerungsanlage. Der Schrägrost steht vor einem Querrohr, welches auf beiden Seiten in das Flammrohr eingenietet ist, sodaß es mit Wasser gefüllt ist. Das Feuer muß über das Querrohr ziehen, mischt sich dabei mit den Gasen der frisch einrutschenden Kohlen und verbrennt diese rauchlos, ebenso wie Ten-Brink, Donneley u. s. w.

Die Schrägrostfeuerungen sind für Steinkohlen in neuerer Zeit wieder unbeliebter geworden und haben in Brauereien überhaupt noch wenig Anwendung gefunden, weil nur bestimmte Steinkohlensorten hierfür geeignet sind, verhältnißmäßig viel Reparaturen nothwendig sind, vor allem aber, weil die nothwendige Regelung der Feuerung zu wünschen übrig läßt.

(Siehe Abbildung auf Seite 44.)

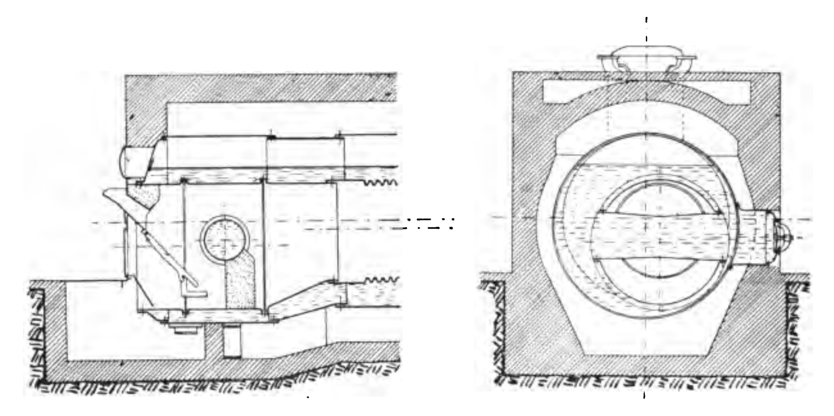


Fig. 26—27. Kuhn'sche Feuerung.

11. Müller & Korte=Pankow haben wieder einen Planrost benutzt und einen ganz besonderen Werth auf die Regulierung des Feuers gelegt; sie verschieben dazu die Feuerbrücke durch eine Kette, wodurch die Größe

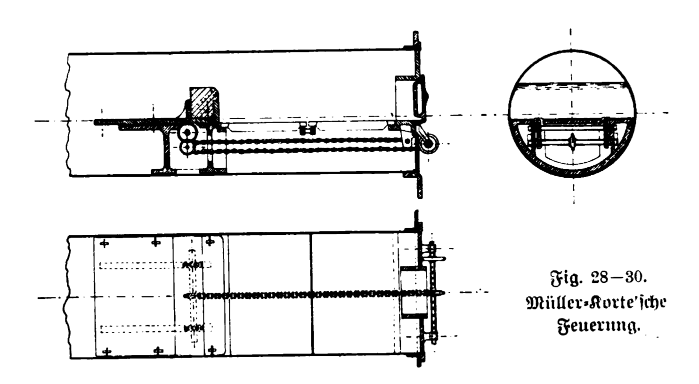


Fig. 28—30. Müller-Korte'sche Feuerung.

der Planrostfläche dem jeweiligen Bedürfniß angepaßt werden kann, so daß der Dampfkessel sowohl 25 kg als auch 7 kg Dampf in der Stunde und auf den Quadratmeter Heizfläche schaffen kann, und die Ausnützung der Wärme in beiden Fällen gleich gut ist. Die Roste sind aus dünnen oben nur 4, unten 2 mm starken, 160 mm breiten Flußstahlstäben zusammengesetzt und bilden 4 mm breite Spalten. Durch ein Dampfgebläse unter dem Rost werden die Stäbe kühl gehalten und verderben selbst durch einen starken Betrieb nicht.

12. J. A. Topf & Söhne = Erfurt führen oberhalb der Feuerthür durch eine besondere Klappe Luft zu, aber nur solange als die Luft, welche durch

die verlegten Rostspalten der neu aufgegebenen Kohlen zur vollständigen Verbrennung der entweichenden Gase nicht ausreicht. Durch einen Kolben, der in einem kleinen Cylinder durch zusammengedrückte Luft bewegt wird, schließt sich die Luftklappe selbstthätig bald nach dem Aufwerfen der frischen Kohlen. Durch das Öffnen der Feuerthür wird jedesmal die Luft in dem Cylinder zusammengepreßt.

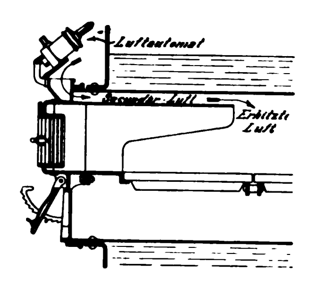
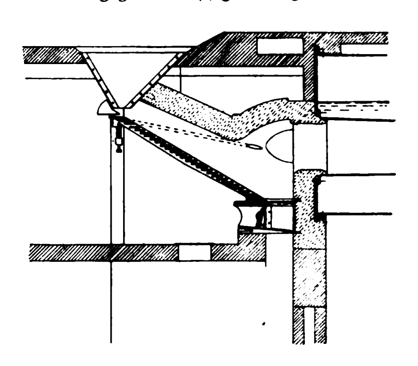


Fig. 31. Topf-Feuerung.

13. Treppenrostfeuerungen werden für erdige Braunkohle und überhaupt für geringwerthige Brennstoffe allgemein benutzt. Die Roststäbe liegen wagerecht, treppenförmig übereinander, sodaß die pulverförmige Kohle nicht durchfallen kann, die Verbrennungsluft strömt also wagerecht ein. Die Kohle wird oben in einen Trichter aufgegeben und füllt den Rost in dem Maße zu, als die Verbrennung auf demselben fortschreitet. Unten ist ein kurzer herausziehbarer Schlackenrost angesetzt. Der Treppenrost wird gewöhnlich als Vorfeuerung gebaut, er kann aber auch zum Teil in das Flammrohr des Dampfkessels eingestellt werden. Da die der Feuerung zugeführte Kohlenmenge von dem Böschungswinkel der Kohle abhängig ist, kann der Dampfkessel nur eine bestimmte Dampfmenge liefern und sind deswegen diese Feuerungen in Brauereien nicht beliebt.



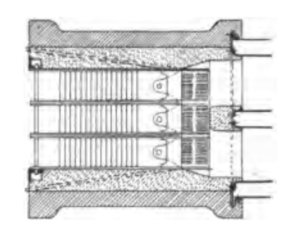


Fig. 32—33. Treppenrostfeuerung.

14. Feuerung mit Unterwindgebläse. Um geringwerthige oder schwer entzündliche Kohlen zu verbrennen, genügt der gewöhnliche Schornsteinzug nicht, der durch die Rostspalten die Verbrennungsluft einsaugt, besonders da diese sehr eng sein müssen, um das Durchfallen der Feinkohle zu verhüten. Der Schornsteinzug wird dann durch ein künstliches Gebläse unterstützt, welches mittelst eines Dampfstrahles Luft in den dicht verschlossenen Aschenraum einbläst und durch die Rostspalten und durch die auf dem Rost liegenden Kohlen hindurchdrückt. Die Zufuhr der

Luftmenge läßt sich an dem Dampfventil regeln. In den Dortmunder Brauereien findet man vielfach Unterwindgebläse in Thätigkeit, sowohl an den Dampfkesseln wie an den Pfannenfeuerungen, soweit diese noch vorhanden sind, und scheinen diese für die grieskörnige Kohle, welche dort gewöhnlich gebrannt wird, auch besonders geeignet zu sein.

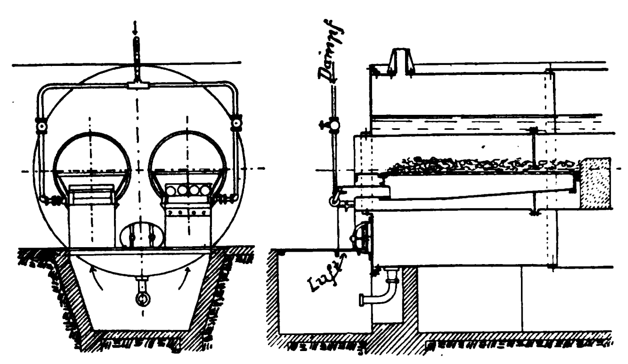


Fig. 34—35. Feuerung mit Unterwindgebläse.

15. Die Kublicz-Feuerung ist eine Feuerung mit Unterwindgebläse, jedoch besteht hier der Rost nicht aus gewöhnlichen Roststäben, sondern aus gußeisernen Platten, die mit konischen Löchern, ähnlich eines Läuterbodens im Läuterbottich, versehen sind, so daß hier vollständig pulveriges Material, auch Schlammkohle noch gebrannt werden kann. Für gewöhnliches Brennmaterial haben die Platten an Stelle der Stäbe keinen Vortheil, im Gegentheil muß die Luft bei Anwendung der Platten mit einem höheren Druck eingeblasen werden, damit durch den geringen Querschnitt der Löcher doch die nötige Menge Verbrennungsluft zugeführt wird.

16. Wegener'sche Staubfeuerung. Die vorher zu Staub vermahlenen Kohlen werden einem Luftstrom, welcher mittelst eines Gebläses erzeugt und in das Flammrohr des Kessels hineingeblasen wird, zugeführt. Der Staub kommt, auf diese Weise fein vertheilt schwebend, zur Verbrennung, und ein Rost ist nicht mehr erforderlich. Die Mischung des Kohlenstaubes mit der Verbrennungsluft ist so innig, wie sie bei keiner Rostfeuerung möglich ist, und deshalb muß eine Staubfeuerung im Prinzip für die zweckmäßigste bezeichnet werden. Trotzdem hat sich die Staubfeuerung noch nicht einzubürgern vermocht, und mag dies daran liegen, daß durch die hohe Temperatur, welche bei der Verbrennung entsteht, die Feuerungstheile zu sehr leiden und öfter ausgebessert bezw. durch neue ersetzt werden müssen, oder den Praktikern ist das Mahlen der Kohlen nicht angenehm oder zu theuer. Die Entfernung der glühend heißen Flugasche soll auch störend sein. Da der ganze Verbrennungsrückstand der Kohlen in der Flugasche sich wiederfindet, giebt es naturgemäß erheblich viel mehr Flugasche als bei einer Rostfeuerung.

17. Schwartzkopff-Feuerung ist eine Staubfeuerung, in der der Staub mittelst einer schnell drehenden Stahldraht-Bürste in das Flammrohr des Kessels hineingeschleudert wird. Die Luft wird durch den Schornsteinzug ohne Gebläse eingesaugt, und kann die Menge durch die verstellbaren Jalousieklappen geregelt werden. Auch diese Feuerung hat, wenigstens in Brauereien, noch keine Verbreitung gefunden.

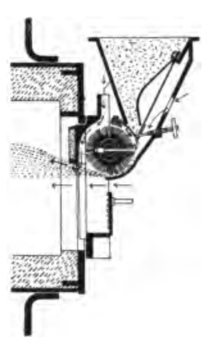


Fig. 36. Schwartzkopff-Feuerung.

4. Zugkanäle.

Die Züge oder Zugkanäle dienen dazu, die in dem Feuerraum entstandene Wärme an den Außenflächen des zu heizenden Gefäßes, des Dampfkessels, der Pfanne u. s. w. entlang zu führen und dadurch abzugeben. Die Uebertragung kann durch Berührung und Strahlung geschehen. Letztere soll wirksamer sein und kommt bei den Wellblechflammrohren und dem Pauksch'schen Kessel zur Anwendung.

Der Zugquerschnitt darf in dem Maße, als sich die Heizgase abkühlen und einen geringeren Raum einnehmen, bis zum Schornstein hin abnehmen. Wenn drei Züge vorhanden sind, sollen die Querschnitte im Verhältniß von 6 : 5 : 4 stehen. Für je 10 kg Steinkohle, welche in der Stunde verbrannt werden, soll der Zugquerschnitt 0,035 bis 0,040 qm groß sein. Gewöhnlich wird der Zugquerschnitt von der freien Rostfläche abhängig gemacht, und erhält der erste Zug 0,75, der zweite 0,50, der dritte und der Schornstein 0,33 des Querschnittes der freien Rostfläche.

5. Der Schornstein

muß immer höher sein als die in unmittelbarer Nähe stehenden Gebäude oder Bäume, und namentlich auch höher als die in der Nähe befindlichen Berge.

Die Firma Herrmann & Voigtmann in Chemnitz giebt folgende nothwendige Abmessungen für Dampfkesselschornsteine an:

(Siehe Tabelle auf Seite 48.)

Für die kleineren Anlagen würden auch Schornsteine unter 20 m genügen, jedoch empfiehlt es sich nicht, sie niedriger zu bauen, mit Rücksicht auf eine spätere Vergrößerung der Dampfanlage und der unbedeutenden Mehrkosten, die ein größerer Schornstein erfordert.

Schmiedeeiserne Schornsteine werden nur für vorübergehende Zwecke und dann aufgestellt, wenn der Baugrund so schlecht ist, daß er das Ge-

Heizfläche des Dampfkessels qm	Schornsteinhöhe m	Lichte Weite in m für	
		Steinkohle	erdige Braunkohle
10	20	0,5	0,5
15	20	0,5	0,5
20	20	0,5	0,55
25	23	0,5	0,60
30	25	0,6	0,65
35	25	0,6	0,70
40	26	0,7	0,75
45	27	0,7	0,75
50	28	0,7	0,85
60	30	0,8	0,90
70	32	0,85	0,90
80	33	0,85	0,95
90	35	0,90	1,00
100	35	1,00	1,05

wicht des gemauerten Schornsteins nicht tragen kann, sofern nicht besonders kostspielige Fundamente gemacht werden. Die Heizgase verursachen auch ein schnelles Durchrosten der Blechschornsteine. Ein schmiedeeiserner Schornstein kühlt wegen der besseren Wärme-Leitungsfähigkeit des Metalls mehr ab, als ein gemauerter, und ist die Zugwirkung deshalb eine schlechtere. Um eine allzu große Abkühlung der Blechschornsteine zu verhüten, werden diese oft doppelwandig gemacht.

Eine künstliche Unterstützung des Schornsteinzuges durch ein Dampfgebläse im Schornstein selbst ist nur für Lokomobilen und Lokomotiven angebracht, für feststehende und gemauerte Schornsteine nur so lange, bis ein neuer Schornstein gebaut werden kann, der ohne diese Mittel den nöthigen Zug erzeugt.

Dampfkessel.

Die Dampfkessel werden aus Eisen- oder Stahlblechen hergestellt, die Verwendung von Gußeisen für einzelne Theile des Kessels ist gesetzlich verboten; Messing darf nur zu den engen Röhren der Feuerrohrkessel benutzt werden, jedoch werden auch diese Rohre fast ausschließlich aus Eisen gemacht. Die Eisenbleche bestehen entweder aus Schweißeisen oder aus Flußeisen, die Stahlbleche sind immer Flußstahl. Schweißeisen wird aus einzelnen Stücken durch den Puddelprozeß zusammengeschweißt, bildet also keine durchweg gleichmäßige Masse, und können leicht schlechte Schweißstellen, auch Schlackenreste im Innern des Eisens vorkommen, welche die unbedingte Haltbarkeit und Zuverlässigkeit der Bleche in Frage stellen. Das Flußeisen und der Flußstahl werden nach dem Siemens-Martin-Verfahren hergestellt und machen dabei einen vollständig dünnflüssigen Zustand durch, so daß man annehmen kann, daß Fehlstellen darin überhaupt nicht vorkommen können, wie bei dem Schweißeisen, welches nur bis zu einem teigartigen, schweißbaren Zustand bei seiner Herstellung erwärmt worden war. Die Festigkeit und Dehnbarkeit des Flußeisens ist größer als die des Schweißeisens, außerdem ist der Preis niedriger. Die Bevorzugung des Schweißeisens zum Kesselbau seitens einzelner Kesselfabrikanten beruht noch auf einem Vorurtheil gegen das Flußeisen, weil man nach dem älteren Bessemer- bezw. Thomas-Verfahren keine unbedingt fehlerfreien Bleche herstellen konnte, jedenfalls nicht vorher angeben konnte, welche Festigkeit und Härte das Eisen bekommen würde. Das Flußeisen erfordert allerdings eine reichere Erfahrung als das Schweißeisen, sowohl bei der Herstellung als auch bei der Verarbeitung in der Kesselschmiede, ist diese jedoch erst Allgemeingut geworden, so dürfte das Flußeisen wohl das ausschließliche Kesselmaterial bilden.

Die Bedingungen, welchen die Kesselbleche hinsichtlich ihrer Festigkeit und Dehnbarkeit genügen müssen, sind von dem internationalen Verbande der Dampfkesselüberwachungsvereine zusammengestellt worden in den „Grundsätzen für die Prüfung der Materialien zum Baue von Dampfkesseln". Auf

diese sogenannten Würzburger Normen braucht ein Praktiker sich nur zu berufen, jeder Fachmann weiß, welche Bedingungen dieselben enthalten, und diese hier mitzutheilen würde zu weit führen.

Eine Brauerei gebraucht einen sogenannten Großwasserraumkessel, d. h. der Wasserinhalt des Kessels muß im Verhältniß zur Heizfläche möglichst groß sein, weil bei dem wechselnden Dampfbedarf einer Brauerei der große Wasserinhalt zur Wärmeaufspeicherung nothwendig ist. Mit einem Dampfkessel, welcher wenig Wasser enthält, kann der Heizer bei der starken Veränderung der Dampfentnahme, besonders durch die Dampfkochung im Sudhause, den Druck nicht dauernd auf derselben Höhe erhalten, und entstehen leicht, abgesehen von den Wärmeverlusten, unliebsame Betriebsstörungen, die nur durch einen genügenden Wasserinhalt im Dampfkessel zu vermeiden sind. Großwasserraumkessel sind einfache oder mehrfache Walzenkessel und Flammrohrkessel; Kleinwasserraumkessel sind Feuerröhren-, Wasserröhrenkessel und stehende Kessel.

1. Walzenkessel.

Ein einfacher Walzenkessel besteht aus einem mit zwei gewölbten Böden verschlossenen, cylinderförmigen Blechgefäß. Dieselben werden trotz ihrer Einfachheit, bequemen Reinigung und verhältnißmäßig großen Sicherheit in der Praxis nicht benutzt. Der Grund dazu wird an dem großen Raum liegen, den ein derartiger Kessel erfordert, ferner an der geringen Ausnutzung der Wärme und weil der Rost immer unter den Kessel gelegt werden muß, so daß die Feuerplatte den untersten Theil desselben bildet, auf der sich naturgemäß die größte Menge Schlamm und Kesselstein ablagert und die Feuerplatte leicht durchbrennt.

Auch die Walzenkessel mit einem oder zwei Unterkesseln werden nur noch wenig gebaut, obgleich sie wegen des sehr großen Wasserraumes für Brauereien besonders geeignet wären. Vielleicht schrecken die großen Kesselexplosionen, welche bei dieser Bauart vorgekommen sind, wobei ganze Ortschaften zerstört wurden, von der weiteren Beschaffung derselben ab.

2. Flammrohr-(Kornwall)kessel

finden sich in fast allen Brauereien, und muß dieses System auch für diesen Betrieb als das geeignetste bezeichnet werden. In den Hauptkessel, der einen langgestreckten Cylinder bildet, werden ein oder zwei, manchmal auch drei Flammrohre der Länge nach hineingelegt und mit den beiden gewölbten Böden so vernietet, daß die Flammrohre vorn und hinten offen sind.

Für Steinkohlenfeuerung wird der Rost in das Flammrohr selbst hineingelegt, für erdige Braunkohle, welche einen so großen Rost erfordert, daß er in dem Flammrohr nicht mehr untergebracht werden kann, wird der Rost — gewöhnlich ein Treppenrost — vor den Kessel gelegt, so daß das Feuer zunächst durch das Flammrohr zieht.

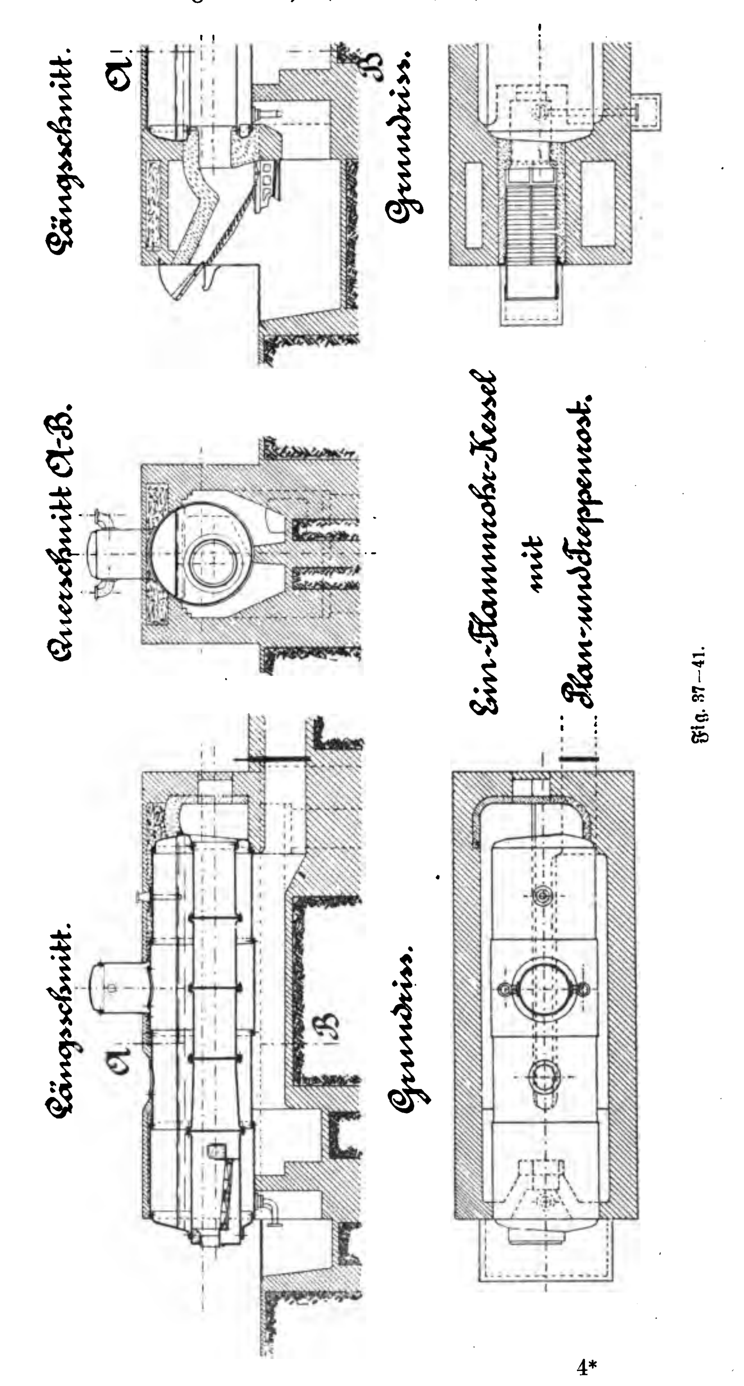
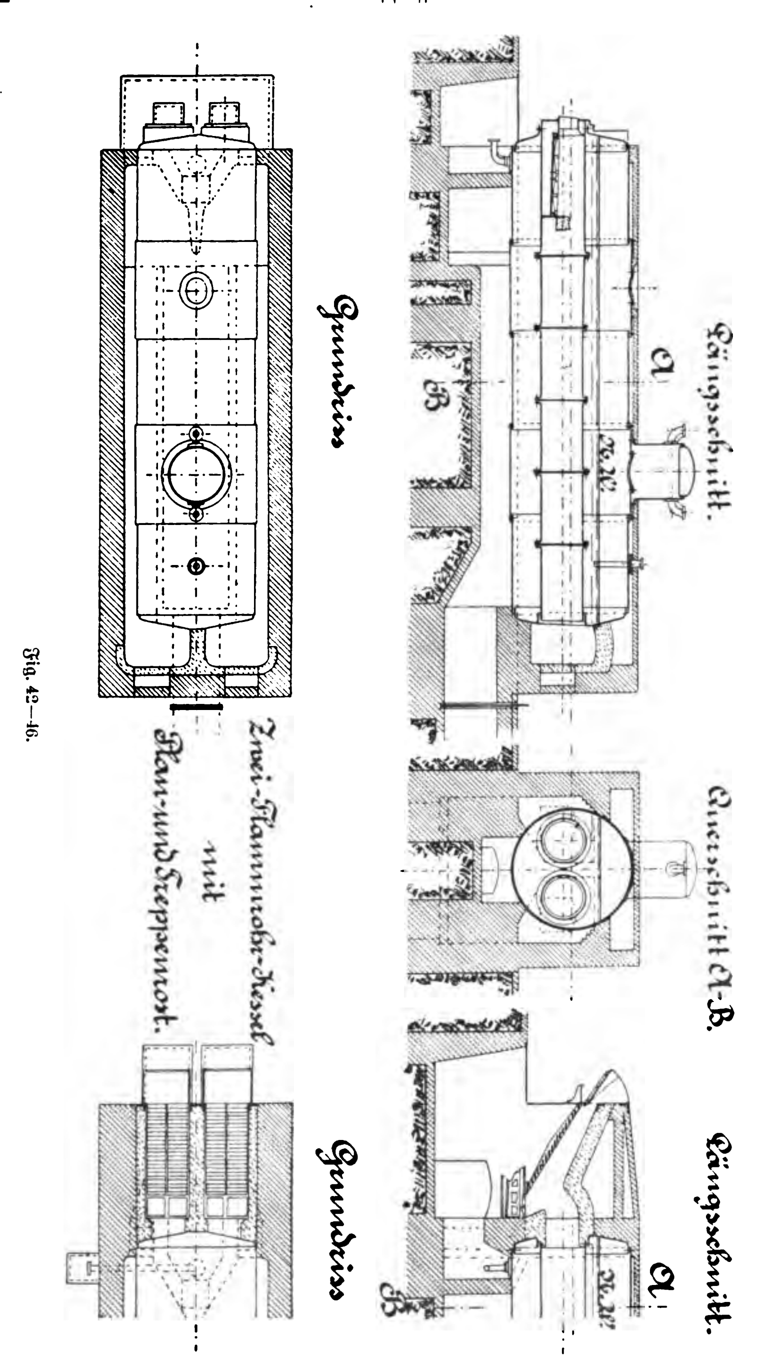

Längsschnitt.
A
B
Querschnitt A-B.
Grundriss.
Längsschnitt.
A
B
Grundriss.
Ein-Flammrohr-Kessel
mit
Plan- und Treppenrost.

Fig. 37—41.



Längsschnitt.
A
B
N.W.
Grundriss
Querschnitt A-B.
Längsschnitt.
A
B
N.W.
Grundriss
Zwei-Flammrohr-Kessel
mit
Plan- und Treppenrost.

Fig. 42—46.

Für größere Dampfkessel werden zwei Flammrohre und zwei Roste gewählt, für kleinere Kessel ein Flammrohr, welches dann seitlich gelegt wird. Aber auch für große Kessel werden neuerdings Einflammrohrkessel den Zweiflammrohrkesseln vorgezogen, weil der Durchmesser der Flammrohre möglichst groß sein muß. Können die beiden Rohre in einem Kessel nicht wenigstens 75 cm weit werden, so wird immer an Stelle der beiden ein Flammrohr von entsprechend größerem Durchmesser gewählt, weil nach der modernen Ansicht der Feuerungstechniker das Feuer einen möglichst großen Raum gebraucht, um sich entwickeln zu können, und erst nach dem Ausbrennen zur Wärmeabgabe benutzt werden soll. Einzelne Kesselfabrikanten machen die Flammrohre bis 1,5 m weit und haben damit gute Ergebnisse erzielt.

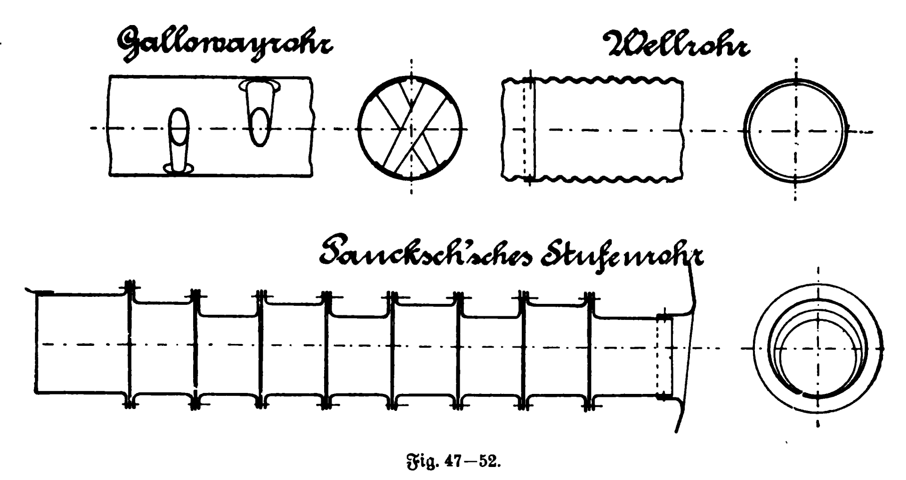


Fig. 47—52.

Mit der Zunahme des Durchmessers der Flammrohre wächst aber auch deren Wandstärke und das Gewicht des Kessels, und ist man deshalb bestrebt, die Widerstandsfähigkeit der Rohre gegen äußeren Druck, ohne deren Wandstärke allzu groß zu machen, anderweitig zu erhöhen.

Quer durch das Flammrohr werden konische Rohre, sogenannte Gallowayrohre, als Stützen eingestellt, die oben und unten offen, also mit Wasser gefüllt sind, und neben der Versteifung der Flammrohre auch eine Vergrößerung der Heizfläche mit sich bringen. Die Längsnaht der Querrohre ist geschweißt, und werden dieselben unter einem Winkel von etwa 60° gegen einander versetzt. Die konische Form wird gewählt, damit das untere spitze Ende mit seinem Bördelflantsch durch das obere größere Loch hindurch gesteckt werden kann. Unten liegt also der Flantsch in dem Flammrohr, oben dagegen auf demselben. Die Gallowayrohrkessel, welche früher eine große Anwendung gefunden haben, sind in neuer Zeit in Mißkredit gekommen, weil der Kesselstein aus diesen Rohren sehr schwer beseitigt werden kann.

Die Wellrohre, welche in Deutschland so lange ein Patentschutz darauf lag, allein von der Firma Schulz Knaudt in Essen hergestellt wurden, besitzen bei verhältnißmäßig dünnem Blech eine überraschend große Widerstandsfähigkeit und vergrößern auch die Heizfläche gegenüber einem glatten Rohr um das 1,15 fache. Bei einer Ausdehnung derselben in der Längsrichtung schieben sich die Wellen etwas enger aneinander, ohne die Kesselböden bezw. die betreffenden Nietreihen zu sehr in Anspruch zu nehmen. Um die Wellen einwalzen zu können, müssen die Längsnähte der Rohre geschweißt werden. Der günstige Effekt der Dampfkessel mit diesen Wellrohren wird darauf zurückgeführt, daß die Bleche etwa nur zur Hälfte von den Heizgasen berührt werden, während die andere vertiefte Hälfte des Rohres die Wärme nur durch Strahlung aufnehmen kann.

Die strahlenden Heizflächen sollen nach moderner Ansicht wirksamer sein als berührende Heizflächen, jedenfalls haben die strahlenden Heizflächen den Vorzug, daß sie metallisch rein bleiben und nicht mit Ruß belegt werden können, wodurch die Wärmedurchlaßfähigkeit der Bleche unzweifelhaft stark beeinträchtigt wird.

Das Pauckschsche Stufenrohr ist aus einzelnen kurzen Flammrohrenden mit gebördelten Flantschen und geschweißten Längsnähten zusammengesetzt, wodurch die Widerstandsfähigkeit des Rohres gegen äußeren Druck erfolgreich erhöht wird. Das Charakteristische ist aber, daß die Rohre verschiedene Durchmesser haben, je ein weites und ein engeres Rohr wechselt mit einander ab, dadurch wird ebenfalls, wie bei einem Wellrohre, die Hälfte der Heizfläche durch Berührung, die andere durch Strahlung die Wärme der durchstreichenden Heizgase aufnehmen. Wichtiger für die günstige Uebertragung der Wärme ist wohl der Umstand, daß die Heizgase sich an den vorspringenden Kanten stoßen und in eine wellenförmige, durchwühlende Bewegung versetzt werden, so daß nicht nur der Rand, sondern die ganze Masse der Heizgase Gelegenheit finden, ihre Wärme auf die Blechwände zu übertragen.

3. Feuerrohrkessel.

Anstatt ein oder zwei Flammrohre durch den Längskessel zu ziehen, wird auch eine große Zahl entsprechend engerer Röhren gewählt, die 40 bis 75 mm äußeren Durchmesser erhalten und diesem angemessen nur 1 bis 2 mm starkwandig zu sein brauchen. Die Feuerung muß, wie auf der Zeichnung angegeben, unter den Kessel oder besser vor denselben gelegt werden. Diese Kessel gebrauchen einen sehr geringen Raum für ihre Aufstellung, und weil die Heizgase gezwungen werden, sich in viele Theile zu zerlegen, und die Heizrohre selbst sehr dünnwandig sind, so ist die Ausnutzung der Kohle eine sehr gute. Die Reinigung des Kessels von Kesselstein ist aber schwierig und wird, damit ein Befahren des Kessels noch möglich ist, der Mittelraum nicht voll Röhren gelegt. Immerhin kann die Beseitigung des Kesselsteins

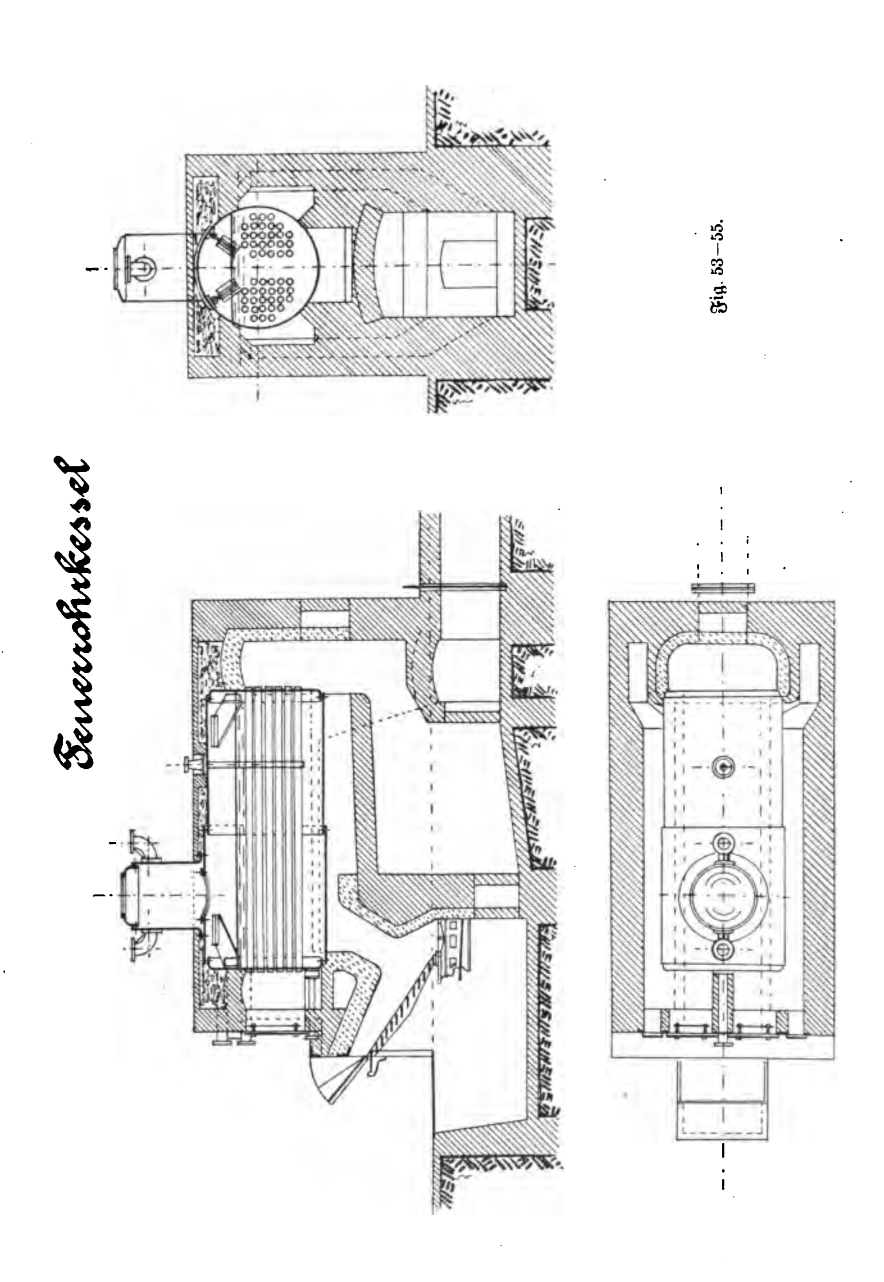


Fig. 53—55.

niemals so vollkommen geschehen, wie bei einem Flammrohrkessel, und kann ein Feuerröhrenkessel nur für ganz reines Kesselwasser angewandt werden; für Brauereien nur dann, wenn er so groß gemacht wird, daß der Wasserinhalt dem eines Flammrohrkessels entspricht.

Für bewegte Dampfkessel, Lokomobilen, Lokomotiven und Schiffskessel behält der Feuerrohrkessel aber immer eine hohe Bedeutung, weil er, wie

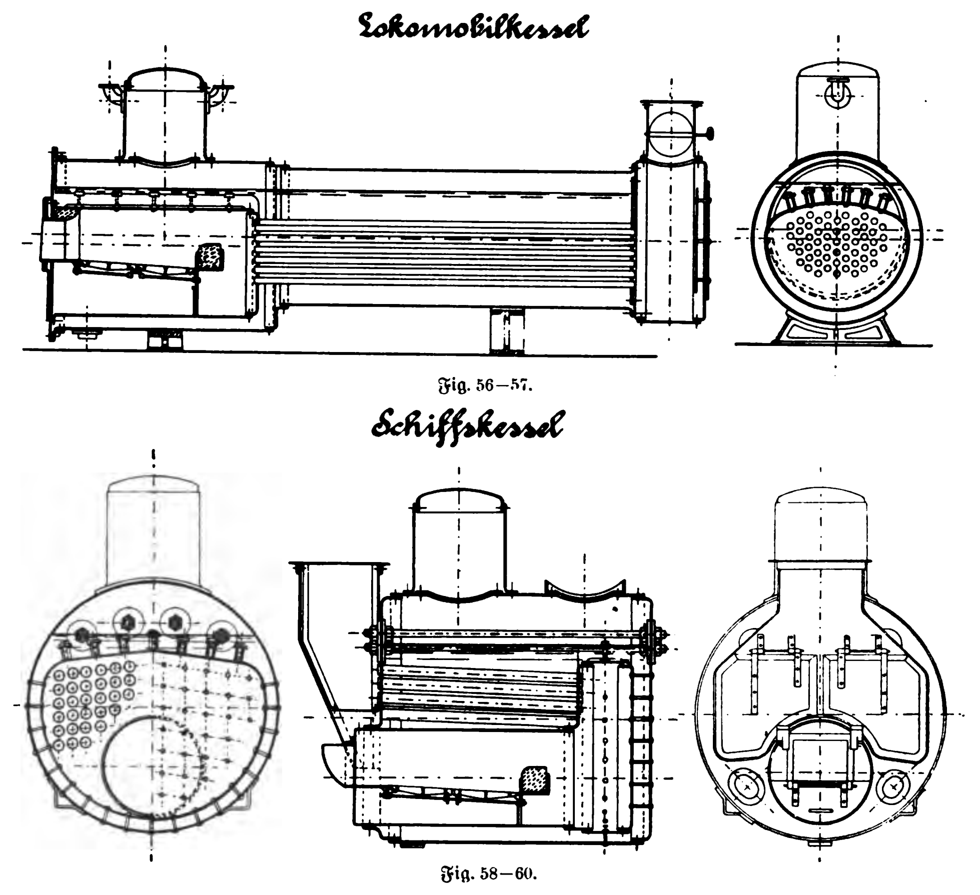


Fig. 56—57.

Fig. 58—60.

bereits angegeben, von allen Kesselsorten den kleinsten Raum einnimmt. Bei einem Lokomobil- und Lokomotivkessel wird das Feuer in einer angesetzten Feuerbuchse untergebracht, welche von dem Kesselwasser umspült wird. Die Heizgase ziehen nur durch die Heizrohre, ohne den äußeren Kessel zu berühren, sammeln sich dann wieder vorn in der Rauchbuchse und gehen direkt in den Schornstein. Ein Lokomobilkessel hat je nach seiner Größe 20 bis 60 Rohre von etwa 45 bis 75 mm Durchmesser, ein Lokomotivkessel enthält bis 250 Rohre, die gewöhnlich nur 45 mm weit sind. Die

neueren großen Schnellzuglokomotiven arbeiten mit 15 bis 20 Atm. Spannung, und brauchen trotzdem die Feuerröhren höchstens 3 mm starkwandig zu sein.

Die Schiffskessel stellen gewöhnlich eine Vereinigung von einem Flammrohr- und Feuerröhrenkessel dar. Der Rost wird in dem weiten Flammrohr untergebracht, welches nicht viel länger ist als der Rost; dahinter ist ein erhöhter schmaler Aufbau angenietet, welcher mit dem Außenkessel durch Stehbolzen verbunden ist. In der Vorderwand dieses Aufbaues stecken die Sieferöhren, die vorn durch den Boden des Hauptkessels hindurchreichen. Der Schornstein ist an der vorderen Stirnwand angesetzt und steht also über dem Feuerraum.

Die Lokomobil- und Schiffskessel schaffen, wenn nur ein natürlicher Zug angewendet wird, auf 1 qm Heizfläche und Stunde 15 bis 20 kg Dampf, bei künstlichem Zuge durch das Ausblasen des Abdampfes in den Schornstein 20 bis 25 kg, und bei Lokomotivkesseln sogar 30 und noch mehr.

Lokomobilkessel können für Brauereien nur dann mit Vortheil verwendet werden, wenn sie unverhältnißmäßig groß gewählt werden, d. h. wenn dafür gesorgt wird, daß der Wasserinhalt etwa zehn mal so groß ist, als die stündliche durchschnittliche Dampfentnahme.

4. Wasserrohrkessel

bestehen aus einer großen Zahl enger, immer mit Wasser gefüllter Röhren, welche von außen von dem Feuer bezw. den Heizgasen umspült werden. Die Röhren erhalten alle eine gleichmäßig schräge Lage, und sind die Enden der Rohre entweder mit je einem Nachbarrohr verbunden, so daß das Speisewasser, welches in das erste Rohr eingepumpt wird, der Reihe nach sämmtliche Rohre durchlaufen muß, ehe es als Dampf oben abgeführt wird. Diese Kesselsorte heißt Root-Kessel und wird von Walther & Co. in Kalk bei Köln und anderen Fabriken gebaut. Oder die Rohrenden stecken sämmtlich in je einem gemeinschaftlichen Kasten, der vorn und hinten an dem Rohrbündel angesetzt ist, so daß das Speisewasser, welches in die eine Rohrkammer hineingedrückt wird, gleichmäßig alle Rohre füllt, und jedes Theilchen desselben nur ein Rohr durchzieht und als Dampf in dem hinteren Rohrkasten direkt nach oben steigt; dieser Wasserröhrenkessel heißt Alban-Kessel und wird von A. Büttner & Co. in Uerdingen (Rh.), von L. u. C. Steinmüller in Gummersbach, Rhpr. und anderen Fabriken gebaut.

Ueber den Vorzug des einen oder anderen Systems ist und wird noch viel gestritten, es scheint, als ob die letztere Bauart jetzt bevorzugt wird. Als Brauereikessel eignen sich beide Wasserröhrenkessel wegen des geringen Wasserinhaltes durchaus nicht, so daß die Vorzüge und Nachtheile der Root- und Albankessel uns nicht interessiren.

Die Wasserrohrkessel dürfen, wenn sie ohne Oberkessel ausgeführt werden, unter bewohnten Räume aufgestellt werden, was für jede andere Kesselart polizeilich verboten ist. Dieser Umstand ist für enge Städte von großer

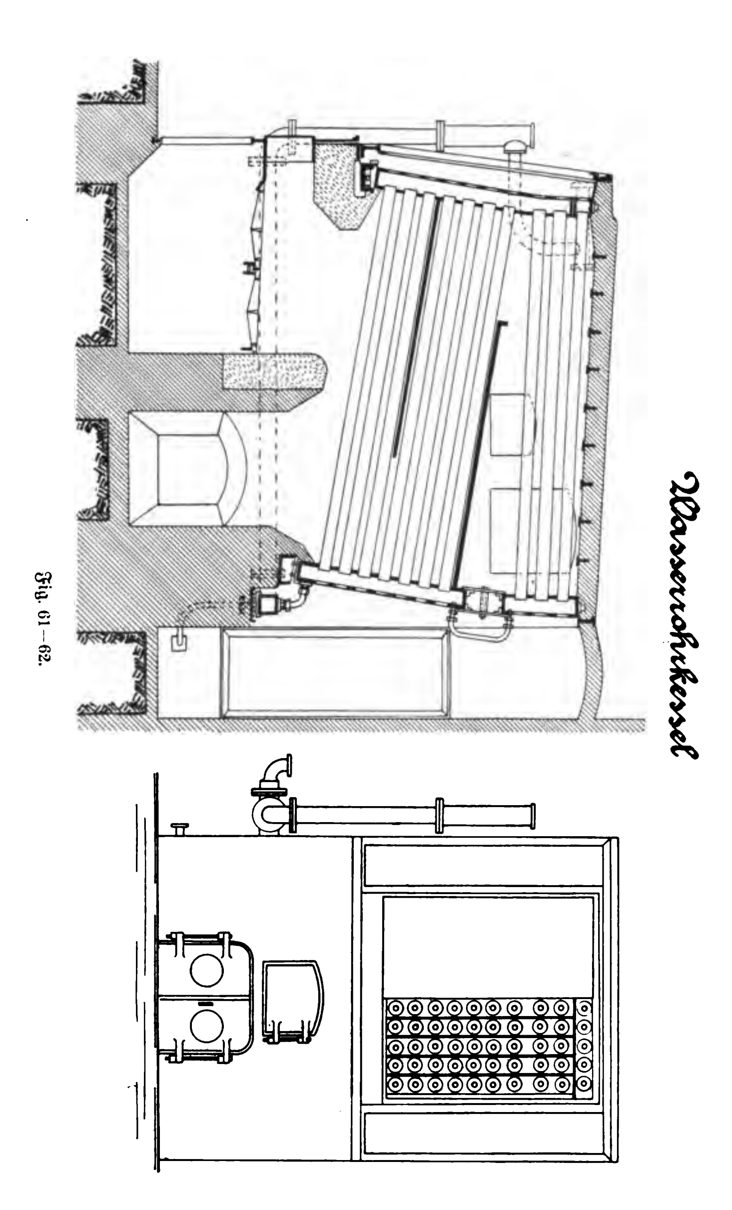


Fig. 61 — 62.

Wasserrohrkessel

Bedeutung, und auch ein Brauer wird zur Anschaffung eines Wasserrohr-kessels schreiten, wenn er wegen Raummangels für ein Kesselhaus, sonst überhaupt auf Dampfkraft verzichten müßte. Die Kessel sind nicht etwa

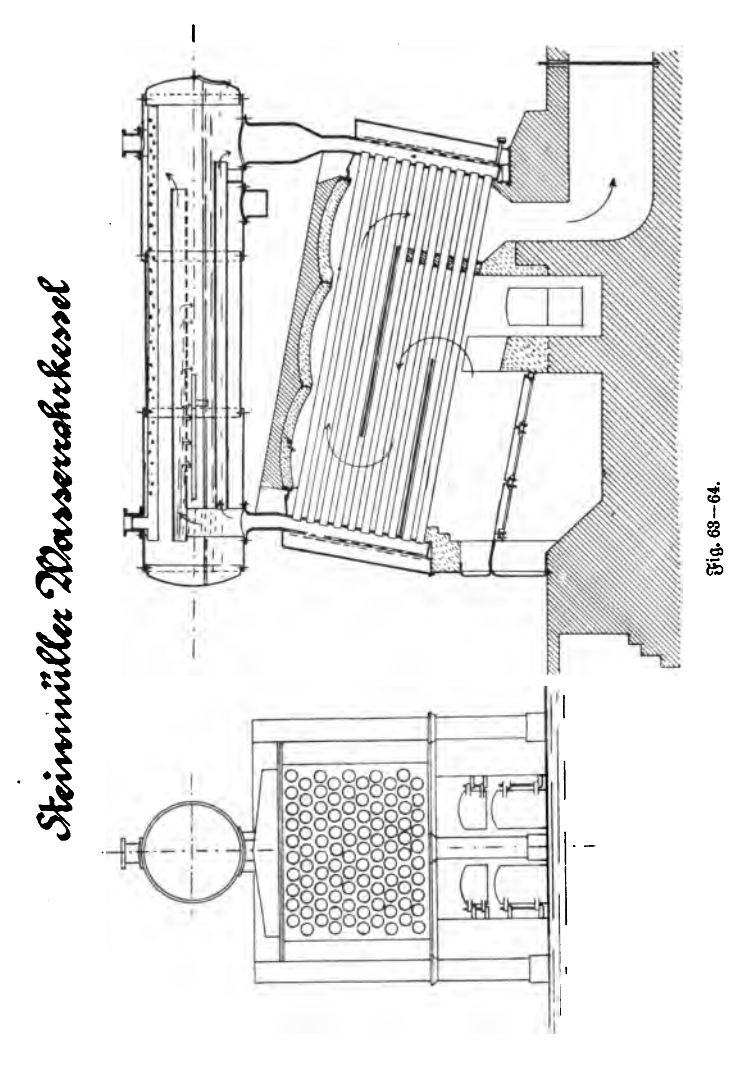


Fig. 63—64.

explosionssicher, wie die Fabrikanten oft behaupten, sondern die Explosionen stehen, was ihre Zerstörung betrifft, im Verhältniß zu dem Wasserinhalt der Kessel, und da dieser sehr gering ist, ist die Verheerung durch eine Explosion eines Wasserrohrkessels auch nur unbedeutend.

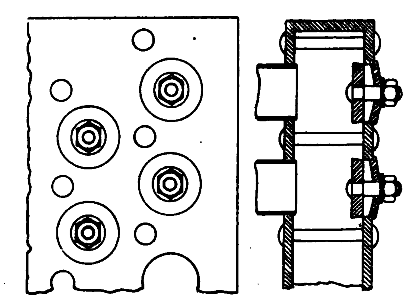


Fig. 65—66. Rohrverschluß eines Steinmüllerkessels.

Durch Wasserrohrkessel läßt sich auf einem kleinen Raum sehr viel Heizfläche unterbringen, der Druck des Kessels kann sehr hoch 10—15 Atmosphären sein, so daß durch die jetzt bestehende Vorliebe für hohe Kesselspannungen der Wasserrohrkessel sehr in Aufnahme gekommen ist. Die Nachtheile dieses Systems des geringen Wasserinhalts sind aber so schwer wiegend, daß für Brauereibetriebe der Wasserrohrkessel als ungeeignet bezeichnet werden muß, ferner ist die Reinigung von Kesselstein schwierig und die Rohre, welche direkt über dem Feuer liegen, werden, weil sie leicht durchbrennen und verderben, öfter durch neue ersetzt werden müssen.

5. Fieldrohrkessel

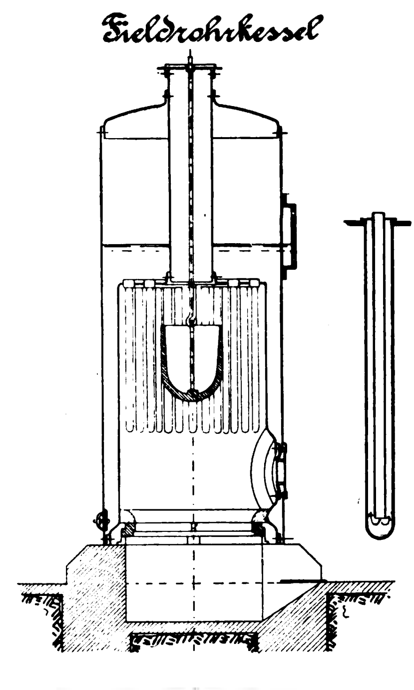
ist ein stehender Kessel, der also besonders wenig Raum für seine Aufstellung gebraucht und für Feuerspritzen, Dampfkrähne u. s. w. benutzt wird. In dem stehenden Außenkessel ist eine Feuerbuchse eingesetzt, in der der Rost liegt. Von dem Deckel der Feuerbuchse aus geht das Rauchrohr durch deu Dampfraum nach außen; damit das Feuer nicht direkt zum Schornstein hinausschlägt, ist aus Schamottmasse oder Gußeisen ein topfartiges Gefäß vor die Schornsteinöffnung gehängt, welches mehr oder weniger gehoben werden kann, wodurch die Regulirung des Feuers erfolgt; dieser Schamottkörper zwingt das Feuer, sich zunächst nach den Seiten auszubreiten und zwischen die Röhren hindurch zu ziehen, welche in dem Deckel der Feuerbuchse eingesetzt sind. Die Rohre sind unten zugeschweißt und stecken oben offen in der Rohrwand der Feuerbuchse. Damit der Schlamm des Kesselwassers sich in diesem sackartigen Rohre nicht ablagern kann, ist in jedes Rohr noch ein zweites, unten und oben offenes, hineingesteckt und so aufgehängt, daß das Ende des zweiten Rohres nicht ganz bis auf den Boden des Außenrohres reicht. Die ringförmige Wasserschicht wird beim Heizen des Kessels wärmer als das in dem Innenrohr befindliche Wasser, weil die Heizgase direkt gegen das Außenrohr schlagen; das wärmere Wasser steigt nach oben, durch das innere Rohr strömt Wasser nach, es entsteht unten am Boden eine Spülung, welche das Festbrennen von Schlamm verhütet. Dieses Doppelrohr, welches noch einmal besonders neben dem Kessel in größerem Maßstabe dargestellt ist, heißt Fieldrohr.

Die Wärmeausnutzung dieser Kessel ist eine geringe, der Wasserinhalt ist ebenfalls klein, und bei kesselsteinhaltigem Wasser brennen die Rohre trotz der Fieldrohre durch, so daß diese Kesselsorten nur im Nothbehelf an-

gewendet werden sollten, wenn die Aufstellung anderer Systeme unmöglich wird. Merkwürdiger Weise finden sich aber in verschiedenen kleineren Brauereien diese für Brauereien besonders unpassenden Kesselsorten.

6. Doppelkessel

nennt man zwei über einander gelegte Kessel; es können für die einzelnen Theile die verschiedensten Bauarten gewählt werden. Sehr beliebt ist die auf der Zeichnung dargestellte Vereinigung eines Zweiflammrohrkessels, in dem die Roste liegen, mit einem Feuerrohrkessel als Oberkessel. Damit die Dampfentwickelung in beiden Kesseln gleichmäßig vor sich geht, bekommt jeder einen besonderen Wasserspiegel, und ist von dem Dampfraum des Unterkessels nach dem Dampfraum des Oberkessels eine Verbindung hergestellt. Das Speisewasser wird nur in den Oberkessel hineingepumpt und läuft von hier durch ein Ueberlaufrohr dem Unterkessel zu. Durch eine entsprechende Rohrverbindung mit Abschlußventilen kann das Kesselwasser aus dem Oberkessel besonders abgeblasen oder auch nach dem Unterkessel gelassen werden. Derartige Kesselanlagen eignen sich naturgemäß nur für Großbetriebe, welche Dampfkessel von mehr als 100 qm gebrauchen; bis zu dieser Größe werden einfache Flammrohrkessel ausgeführt, und wird man Doppelkessel für Großbrauereien auch nur dann wählen, wenn der Raum für mehrere Flammrohrkessel nicht vorhanden und nicht geschaffen werden kann.



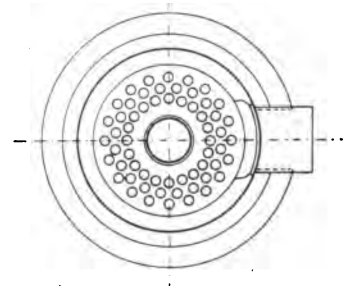


Fig. 67—69.

Es giebt noch alle möglichen Zusammensetzungen einzelner Kessel, die hier nicht alle aufgeführt werden können, die Bauart von Dupuis und Pregardien sei als ältere, die von Garbe und Kuhn als neuere nur

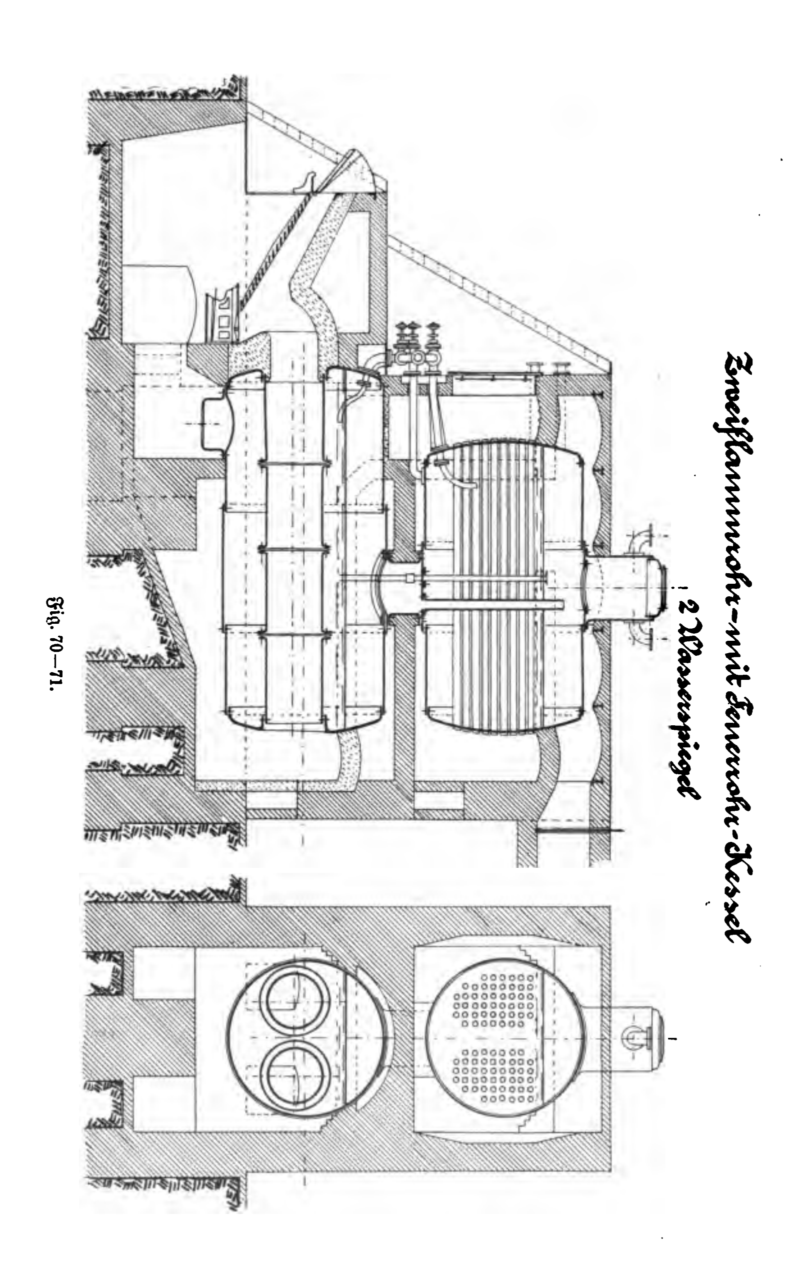


Fig. 70—71.

genannt. Letztere beiden Kessel verfolgen das Bestreben, die Vortheile der Wasserröhrenkessel mit denen der Großwasserraumkessel zu vereinigen. Angaben über letztere aus der Praxis liegen noch nicht vor, die Heizergebnisse an den Versuchskesseln sind günstig ausgefallen.

7. Auswahl des Kesselsystems.

In der Tabelle sind die zur Auswahl eines Kesselsystems wichtigsten Angaben zusammengestellt und sei hier noch einmal betont, daß ein einfacher Flammrohrkessel mit einem bezw. zwei Flammrohren, in denen ein gewöhnlicher Planrost für Steinkohlenfeuerung eingebaut wird, für den Brauereibetrieb der geeignetste ist.

Kesselbauart	Auf 1 qm Heizfläche					
	zulässige Dampfbildung in der Stunde bei		Wasserinhalt	Wasserspiegel	Dampfraum	erforderliche Grundfläche
	Steinkohlenfeuerung kg	Braunkohlenfeuerung kg	Liter	qm	Liter	qm
Einfacher Walzenkessel	12	10	400	0,5	80	1,25
Mehrfacher Walzenkessel . .	16	12	300	0,3	60	0,50
Flammrohrkessel	**18**	**14**	**200**	**0,25**	**50**	**0,50**
Eingebauter Feuerrohrkessel .	15	12	75	0,1	20	0,10
Lokomobilkessel . .	20	15	80	0,15	15	0,09
Wasserrohrkessel ohne Oberkessel.	12	10	30	0,05	8	0,10
Wasserrohrkessel mit Oberkessel .	12	10	75—125	0,2	20	0,15

8. Größe des Dampfkessels für eine Brauerei.

Die Größe eines Dampfkessels wird nach der wasserbespülten Heizfläche bemessen, und muß diese so groß sein, daß z. B. ein Flammrohrkessel auf je 1 qm Heizfläche in der Stunde durchschnittlich nicht mehr als 18 kg Dampf zu schaffen hat, wenn der Kessel mit Steinkohle geheizt wird, und

nicht mehr als 14 kg, wenn er mit Braunkohle oder einem anderen geringwerthigen Brennstoff gefeuert wird.

Die Größe des Dampfkessels richtet sich also nach dem durchschnittlichen stündlichen Dampfverbrauch und der Art des Brennstoffes. Da ersterer in Brauereien jedoch sehr verschieden ist, je nachdem im Sudhause mit Dampf oder mit Feuer gekocht wird, und je nachdem die Dampfmaschine ausschließlich zum Betriebe der Brauereimaschinen dient oder außerdem noch eine Kühlmaschine zu treiben hat, so kann eine allgemein gültige Regel für die Größe des erforderlichen Dampfkessels nicht angegeben werden.

Die Dampfmaschine gebraucht, je nach ihrer Bauart und ob sie mit Auspuff oder Kondensation ausgerüstet ist, 7 bis 16,5 kg Dampf für ein indizirtes Pferd und Stunde (siehe Dampfverbrauch der Dampfmaschine S. 90).

Das Sudhaus gebraucht für je 1 Ctr. Malz 120 kg Dampf und, wenn der Sudprozeß 10 Stunden dauert, durchschnittlich 12 kg stündlich. Der stärkste Dampfverbrauch ist während des Würzekochens und beträgt stündlich 18 kg Dampf für je 1 Ctr. Schüttung.

Zum Wasserheißmachen, Spänekochen, Schläuchedämpfen u. s. w. ist stündlich im Durchschnitt für je 1 Ctr. Schüttung noch ein Zuschlag von etwa 3 kg Dampf zu machen.

Eine Brauerei hat eine Dampfmaschine, welche im Durchschnitt 18 effektive oder 23 indizirte Pferde leistet und ohne Kondensation arbeitet. Dieselbe hat außer dem Brauereibetrieb noch eine Kühlmaschine System Linde Nr. 8 zu treiben. Das Sudhaus ist mit Dampfkochung ausgerüstet und für 10 Ctr. Schüttung gebaut. Der Dampfverbrauch der Dampfmaschine kann zu 16 kg für ein indizirtes Pferd und Stunde angenommen werden, der des Sudhauses ist stündlich $= 10 \cdot 12 = 120$ kg und im höchsten Fall während des Würzekochens $= 10 \cdot 18 = 180$ kg. Für Nebenzwecke werden noch stündlich $10 \cdot 3 = 30$ kg Dampf gebraucht. Zusammen muß also stündlich Dampf geschafft werden

$16 \cdot 23 = 368$ kg für die Dampfmaschine
$18 \cdot 10 = 180$ „ „ das Sudhaus
$3 \cdot 10 = 30$ „ „ den sonstigen Bedarf
zusammen . . . 578 kg

Wenn der Dampfkessel mit Steinkohle gefeuert wird, bildet 1 qm Heizfläche 18 kg, also muß der Kessel $\frac{578}{18} = 32$ qm Heizfläche bekommen. Wenn Braunkohlen gebrannt werden, wobei der Kessel 14 kg Dampf auf 1 qm Heizfläche macht, muß der Kessel $\frac{578}{14} = 41$ qm Heizfläche bekommen.

Da die Dampfmaschine während der Kochdauer der Maische und Würze wenig Kraft für den Betrieb der Sudmaschinen abzugeben hat, also weniger als im Durchschnitt zu leisten hat, gebraucht sie während dieser Zeit auch weniger Dampf, so daß ein Theil der Kesselheizfläche für die Dampfkochung zur Verfügung steht, und wenn sonst der Dampfkessel groß genug ist, braucht für je 1 Ctr. Einmaischung für die Dampfkocherei nur noch 0,5 qm Heizfläche zugerechnet werden.

Eine Brauerei hat eine 45pferdige Dampfmaschine für den Brauerei- und Kühlmaschinen- und Mälzereibetrieb und dazu einen Flammrohrkessel von 43 qm Heizfläche; das Kühlwasser der Kühlmaschine wird in einem Oberflächenkondensator für die Brauerei heiß gemacht, und gebraucht die Dampfmaschine für ein indizirtes Pferd 11 kg Dampf. Das Sudhaus hat 23 Ctr. Schüttung und soll durch eingelegte Kochringe in die Pfannen für Dampfkocherei eingerichtet werden. Es fragt sich, ob dies mit den vorhandenen Dampfkesseln möglich ist.

Die Dampfmaschine gebraucht stündlich $11 \cdot 45 = 495$ kg Dampf, der sonstige Bedarf ist $11 \cdot 3 = 33$ kg, zusammen 528 kg, die durch $\frac{528}{18} = 30$ qm Kessel geschafft werden können, für das Sudhaus ist noch $23 \cdot 0{,}5 = 11{,}5$ qm Kesselfläche nöthig, zusammen also 41,5 qm, da 43 qm vorhanden ist, wird der Kessel auch noch für die Dampfkocherei ausreichen.

9. Prüfung der Dampfkessel

erstreckt sich auf die Feststellung der Dampfmenge, welche mit einem Kilogramm des betreffenden Brennstoffes, der in der Brauerei gefeuert wird,

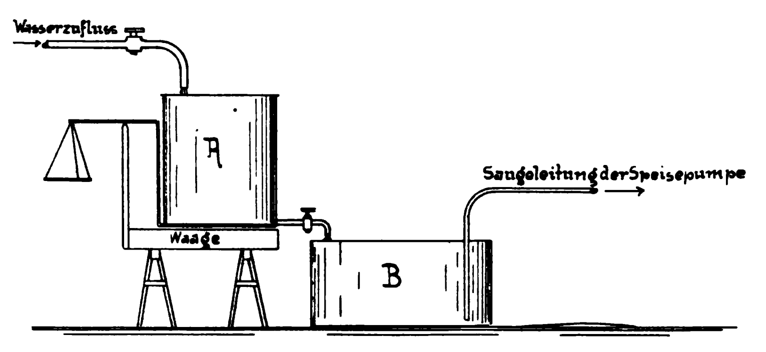


Fig. 72. Wiegevorrichtung des Speisewassers.

erzeugt wird, ferner auf die Menge, die 1 qm Kesselheizfläche in der Stunde schafft, und auf die Menge Kohle, welche auf 1 qm Rostfläche verbrannt wird. Aus dem Heizwerth des Brennstoffes, das ist die Wärmemenge, welche bei der Verbrennung von 1 kg entsteht, und der nutzbar gemachten Wärmemenge, welche zur Dampfbildung nothwendig ist, wird der Nutzeffekt der Anlage bestimmt. Zur Aufdeckung von Fehlern bei der Verbrennung werden während des Versuches die abziehenden Heizgase auf ihren Gehalt an Kohlensäure, Kohlenoxyd und Sauerstoff untersucht und deren Temperatur gemessen.

Um die Wassermenge, welche während des Versuches, der wenigstens 5 bis 6 Stunden dauern muß, verdampft wird, genau feststellen zu können, muß das Speisewasser gewogen werden. Von dem Wiegegefäß A (Fig. 72) fließt es in ein zweites Gefäß B, aus dem die Speisepumpe es entnimmt. Man fängt mit einem bis zu einer Marke im Gefäß B befindlichen Wasserstande an und liefert das Gefäß am Schluß des Versuches genau ebenso weit gefüllt wieder ab.

Im Dampfkessel wird die Höhe des Wasserspiegels am Wasserstandsglas durch eine Marke kenntlich gemacht und am Schluß des Versuches dafür gesorgt, daß genau dieselbe Wassermenge sich im Kessel befindet.

Die Temperatur des Speisewassers und der Druck im Kessel wird in regelmäßigen Zwischenräumen aufgeschrieben. Bei Beginn des Versuches muß der Kessel sich im Beharrungszustand befinden, d. h. bereits vor Beginn eine längere Zeit gleichmäßig so stark gefeuert sein, daß er bei normalem Dampfdruck den Dampfbedarf deckt. Das Feuer wird zu Anfang des Versuches in demselben Zustand übernommen, wie es am Schluß wieder hergerichtet werden muß, ebenso muß der Dampfdruck zum Schluß des Versuches der gleiche sein, wie zu Anfang. Die während des Versuches verfeuerten Kohlen werden gewogen, und wird in bestimmten Zwischenräumen eine Probe entnommen, aus der die Durchschnittsprobe zur Untersuchung hergerichtet wird. Der Aschraum wird vor Beginn des Versuches geräumt und das Feuer von Schlacken gereinigt, so daß die während des Versuches entstandene Schlacke und Asche gewogen werden kann.

Heizversuche mit einem 2-Flammrohrkessel mit Innenfeuerung der Versuchs- und Lehrbrauerei.

Heizfläche	48,0 qm
Rostfläche	0,7 „
Spaltenbreite des Rostes . . .	3 mm

(Siehe Tabelle auf S. 67.)

10. Kesselexplosion.

Ein Dampfkessel explodirt, wenn er durch irgend eine Ursache eine größere Oeffnung bekommen hat, wodurch der Druck im Kessel plötzlich wesentlich vermindert wird, sodaß die herrschende Temperatur des Wassers nicht mehr dem Druck entsprechend ist. Hierdurch entsteht eine gewaltige Dampfentwickelung, welche stoßweise austritt, wodurch der Kessel berstet und auseinander gerissen wird, oder es werden auch einzelne Theile vollständig abgerissen und fortgeschleudert. Die umherfliegenden Stücke sind im Stande, ganze Gebäude zu zerschlagen und zum Einsturz zu bringen.

Je größer der Wasserinhalt eines Dampfkessels ist, desto größer ist die in dem Wasser aufgespeicherte Wärmemenge und die auftretende Gewalt. Die verschiedenartig starken Zerstörungen durch Kesselexplosionen richten sich deshalb immer nach der im Kessel befindlichen Wassermenge, und die Kesselbauart, welche den größten Wasserinhalt hat — siehe Tabelle S. 63 — richtet bei einer Explosion die größte Verwüstung an. Die gefährlichsten sind also die Doppelwalzenkessel, und die wenigst gefährlichen die Wasserrohrkessel ohne Oberkessel. Die Zerstörung, welche letztere bei einer Explosion anrichten, sind so gering, daß die Gesetzgebung erlaubt hat, sie unter bewohnten Räumen aufzustellen, was für alle übrigen Kesselbauarten, wegen der Gefährdung bei Explosionen, verboten ist.

	Steinkohle	Braun-kohlen-briketts
Dauer des Versuchs Stunden	6,5	6,5
Speisewasser verdampft kg	6900	5100
Kohlen verbrannt	850	975
1 kg Kohle verdampft Wasser kg	8,22	5,23
1 qm Heizfläche erzeugt in der Stunde Dampf kg	22,11	16,35
Mittlerer Dampfdruck Atm.	5,36	5,36
Temperatur des Speisewassers ° C.	43,2	46,6
Temperatur der Verbrennungsluft vor dem Kessel ° C.	20,0	25,0
Zugstärke im Feuerzug Wassersäule mm	4,0	7,2
„ „ Schornstein „ mm	11,0	11,0
Zusammensetzung der Rauchgase vor dem Schieber:		
Kohlensäure v. H.	13,1	12,0
Sauerstoff „	7,5	7,8
Kohlenoxyd „	—	—
Luftüberschuß über die theoret. nothwendige Menge	1,48	1,58
Temperatur der Rauchgase im Fuchs vor dem Schieber ° C.	366	367
Heizwerth des Brennstoffes W.-E.	7043	4715
Nutzbar gemachte Wärme v. H.	71,4	67,50
Verloren gegangene Wärme:		
durch den Schornstein v. H.	17,47	18,69
„ die Herdrückstände „	nicht gewogen	7,28
Preis des Brennstoffes für 100 kg frei Hof Pfg.	206	146
Preis für 100 kg Dampf Pfg.	25,1	28,0

Am Dampfkessel entsteht dann eine größere Oeffnung, wenn die Widerstandsfähigkeit eines Bleches nicht groß genug ist, um der Beanspruchung desselben zu widerstehen.

Abgesehen davon, daß ein Kessel von vornherein aus zu schwachen oder aus schlechten Blechen gebaut sein kann, wofür der Kesselfabrikant und der Ueberwachungsverein, welcher den Kessel vor der Inbetriebsetzung zu prüfen hat, die Verantwortung trägt, kann auch ein stark genug gebauter Kessel während des Betriebes zu schwach werden, und zwar ganz allmählich im Laufe einer Reihe von Jahren, oder plötzlich, während kaum einer halben Stunde. Hierfür trägt der Betriebsleiter die Verantwortung, und wird

eine Fahrlässigkeit desselben, welche eine Kesselexplosion verursacht, wobei Menschen getödtet oder verletzt werden, in Deutschland unbedingt mit Gefängniß, nicht mit Geld bestraft.

Allmählich werden Kesselbleche zu schwach:

1. Durch Rost. Ein Kessel rostet von außen, wenn er dauernd naß wird, durch unbemerkte Undichtheiten oder dergl.; er rostet von innen, wenn die mit dem Speisewasser eingepumpte Luft nicht mit nach dem Dampfraum abgeführt wird, sich also Luftblasen festsetzen. Bei Doppelkesseln kommt dies vor.

2. Das Feuer brennt die Kesseltheile, welche von der Stichflamme getroffen werden, allmählich durch, wenn sie von innen nicht genügend durch Wasser gekühlt werden. Bei Unterfeuerungen wird die Feuerplatte, weil sie voll Schlamm und Kesselstein liegt, am leichtesten durchbrennen.

3. Die Kesselbleche verlieren durch langjährige Benutzung ihre ursprüngliche zähe Beschaffenheit, das Eisen wird brüchig. Man kaufe deshalb keinen alten Dampfkessel, wenn er über 20 Jahre im Betriebe gestanden hat.

Plötzlich werden die Kesselbleche durch Glühendwerden zu schwach, rothwarmes Eisen hat nur den zehnten Theil der Widerstandsfähigkeit wie schwarzes.

1. Durch Wassermangel werden ungefähr 90 v. H. aller Kesselexplosionen verursacht. Fehlt Wasser im Kessel, ist der Wasserspiegel also bereits um mehr als 10 cm unter die gesetzlich erlaubte Grenze gesunken, so werden einzelne Kesseltheile, namentlich der Obertheil des Flammenrohrs über dem Rost, welche von dem Feuer getroffen werden, nicht mehr vom Wasser bespült, welche sie auf der in dem Wasser herrschenden Temperatur erhält, sondern sie nehmen eine höhere Temperatur an, weil Dampf als schlechter Wärmeleiter sie nicht genügend abkühlt, sie werden glühend und durch den Druck im Kessel eingebogen und aufgerissen.

Das Aufreißen wird begünstigt, wenn bereits glühende Blechtheile plötzlich abgekühlt werden, wenn also in den Kessel Wasser hineingepumpt wird.

Eine Explosion des Kessels, bei dem das Flammrohr bereits glühend geworden ist, läßt sich noch abwehren, wenn kein Wasser eingepumpt wird, sondern der Kessel durch Oeffnen der Feuerthür, des Schiebers und der Züge und durch Herausziehen des Feuers allmählich abgekühlt wird.

Um Wassermangel zu vermeiden, darf der Wasserstand niemals unter die erlaubte Grenze sinken, und die Wasserstandzeiger und beide Speisevorrichtungen sind dauernd in Ordnung zu halten. Undichte Wasserstandshähne oder verstopfte Rohre zum Wasserstand zeigen die wahre Höhe des Wasserspiegels falsch an.

2. Kesselstein ist ein schlechter Wärmeleiter, er erschwert also die Wärmeübertragung der Heizgase nach dem Innern; ist die Kesselsteinschicht sehr stark, wird das Blech über dem Rost nicht mehr genügend abgekühlt, so kann es glühend werden, dabei dehnt es sich aus, der unelastische Kesselstein

springt ab und das Kesselwasser kommt mit dem glühenden Blech in Berührung, wodurch dieses aufreißt und eine Explosion eingeleitet wird.

3. Eine übermäßig hohe Dampfspannung kann den Dampfkessel zwar zur Explosion bringen, es ist dies aber nur denkbar, wenn das Sicherheitsventil fest sitzt oder absichtlich wesentlich höher belastet wird, als dies erlaubt ist. In den wenigen, amtlich festgestellten Explosionen durch übertriebene Dampfspannuug ist immer außerdem noch nachgewiesen, daß einzelne Kesseltheile zu schwach oder verdorben gewesen sind.

4. Starke Stöße durch Aufschlagen des Sicherheitsventils oder schnelles Schließen oder Oeffnen des Dampfventils kann eine Kesselexplosion verursachen, und sind diese deshalb zu vermeiden.

Bei einem Schadenfeuer kann der Dampf als wirksames Löschungsmittel benutzt werden, wenn er in den, durch Thür und Fenster zu verschließenden, brennenden Raum hineingelassen wird.

11. Kesselstein.

Zur Lösung des festen Kesselsteins verwende man nie ein als Universalmittel für hohe Preise angebotenes Geheimmittel, sondern Soda in richtigen Mengen.

Ermittelung der zur Beseitigung des Kesselsteins aus dem Kessel-Speisewasser nöthigen Sodamenge.

An der Kesselstein-Bildung nehmen im Wesentlichen der Gips, der kohlensaure Kalk und die kohlensaure Magnesia Theil. Diese Stoffe aber unterscheiden sich ganz besonders durch die Art des Kesselsteins, den sie bilden. Die kohlensauren Salze, die durch die freie Kohlensäure des Wassers in Lösung gehalten werden, scheiden sich beim Kochen als lockeres Pulver ab; wenn der Kessel vor dem Ausblasen erst abgekühlt wird, so können die ausgeschiedenen kohlensauren Salze ohne Schwierigkeiten entfernt werden. Kühlt man jedoch den Kessel nicht aus, so sintern sie durch die Hitze zu einer harten Masse zusammen. An sich sind also die kohlensauren Erden im Kessel-Speisewasser nicht gefährlich, und ein Wasser, welches nur kohlensauren Kalk enthält oder auch daneben noch kohlensaure Magnesia, könnte man ohne weitere Vorbereitung zum Kesselspeisen benutzen, wenn man nur für die rechtzeitige und sachgemäße Entfernung des Karbonat-Schlammes aus dem Kessel Sorge trägt.

Anders verhält es sich mit dem schwefelsauren Kalk oder dem Gips. Dieser kann als der gefährlichste, Kesselstein bildende Bestandtheil angesehen werden. Er scheidet sich im Kessel nicht als Pulver oder Schlamm, sondern in harter Schicht ab, er bildet den eigentlichen Kesselstein. Und wenn dann gleichzeitig neben beträchtlichen Mengen Gips noch kohlensaurer Kalk im Wasser vorhanden ist, so werden die sämmtlichen Salze, einschließlich der kohlensauren Erden, in Form einer harten, festsitzenden Kruste abgeschieden.

Es kommt hiernach in erster Linie darauf an, den Gips aus dem Wasser zu entfernen, bezw. denselben in eine andere Kalkverbindung von besseren Eigenschaften überzuführen. Dies geschieht mittelst **Soda**, die den Gips in kohlensauren Kalk verwandelt, dessen relative Harmlosigkeit bereits erwähnt wurde.

Der Soda-Zusatz zum Kessel-Speisewasser muß vortheilhaft außerhalb, kann aber auch innerhalb des Kessels erfolgen. Erstere Methode ist unbedingt vorzuziehen; sie wird jedoch noch wenig geübt, da man hierzu umfangreicher Einrichtungen zum Ausfällen und Entfernen der Erden bedarf.

Wesentliche Dienste leistet aber auch bereits der Soda-Zusatz zum Kessel-Speisewasser im Kessel. Es kommt nur darauf an, die Sodamenge zu ermitteln, die zur vollständigen Umwandlung des Gipses nothwendig ist. Um hier genau verfahren zu können, wäre es erforderlich, das Wasser auf Grund einer eingehenden Analyse genau zu kennen. Da jedoch das Wasser in seiner Zusammensetzung oft ganz erheblich wechselt, muß die Untersuchung öfter vorgenommen und der Sodazusatz nach den Befunden der Analyse jedesmal geregelt werden.

Dem Praktiker dürfte jedoch mit folgender einfacher Methode zur Berechnung der nöthigen Sodamenge in den allermeisten Fällen gedient sein. Sie gründet sich auf die Thatsache, daß 10 g Gips von rund 21 g Soda — gewöhnlicher wasserhaltiger, nicht kalcinirter Soda ($Na_2CO_3 + 10\ H_2O$) — glattauf zersetzt werden in kohlensauren Kalk und schwefelsaures Natron, beides Salze, die für die Kesselstein-Bildung lange nicht die schlimme Bedeutung haben wie der Gips.

Man verfährt nun zur Ermittelung der zuzusetzenden Sodamenge folgendermaßen:

Man bereitet sich durch Auflösen von 21 g Soda in einem Liter destillirtem Wasser eine Normal-Sodalösung. Von dieser Soda-Lösung fügt man zunächst 5 ccm zu einem Liter des Kessel-Speisewassers, schüttelt gut durch, entnimmt mittelst einer Pipette etwa 5 ccm der schwach getrübten Flüssigkeit in ein Reagenz-Gläschen und kocht gut auf. Der kohlensaure Kalk, sowohl der durch die Umsetzung des Gipses mit der Soda erhaltene, als auch der ursprünglich im Wasser gelöste, fallen beim Kochen in groben Flecken aus. Nun filtrirt man blank und fügt zum Filtrat einige Tropfen oxalsaures Ammoniak. Entsteht hierdurch noch ein Niederschlag, resp. eine weißliche Trübung, so ist noch unzersetzter Gips vorhanden, und die 5 ccm Soda-Lösung genügten nicht zur vollkommenen Umsetzung des Gipses. Man fügt nunmehr zu dem Liter Kessel-Speisewasser weitere 5 ccm der Soda-Lösung und verfährt, wie oben angegeben. Im Falle einer abermaligen Reaktion mit oxalsaurem Ammoniak fährt man mit dem Soda-Zusatz so lange fort, bis oxalsaures Ammoniak im Filtrat keinen Niederschlag mehr erzeugt, das Filtrat also kalkfrei ist. Die jeweilig entnommenen 5 ccm Wasser kann man jedesmal durch frisches Wasser ersetzen, doch hat eine

Vernachlässigung, falls die Entnahme nur 2—3mal geschieht, keine Bedeutung.

Angenommen, nach Zusatz von 20 ccm Soda zu einem Liter Kessel-Speisewasser sei das Filtrat kalkfrei gewesen, was bei 15 ccm noch nicht der Fall war. Will man nun noch genauer die Sodamenge festlegen, so fügt man der Reihe nach zu einem Liter Wasser 16, 17, 18, 19 u. s. w. ccm Soda-Lösung, d. h. man giebt zunächst zu einem frischen Liter Wasser 16 ccm Soda-Lösung, falls diese noch nicht reichen, so lange je 1 ccm Soda-Lösung hinzu, bis die Sodamenge hinreicht, um allen Gips zu ersetzen, d. h. bis das Filtrat keine Trübung mehr mit oxalsaurem Ammoniak ergiebt.

Dies sei beispielsweise bei 17 ccm der Fall.

1000 ccm der Sodalösung, enthaltend 21 g Soda, zersetzen 10 g Gips; 17 ccm demnach $\frac{10 \cdot 10}{1000}$ g Gips: diese sind enthalten in einem Liter Wasser im Hektoliter somit $\frac{10 \cdot 17 \cdot 100}{1000} = 17$ g Gips.

D. h. das Wasser enthält im Hektoliter rund soviel Gramm Gips, als man Kubik-Centimeter Soda-Lösung zum Liter verbraucht hat. Nun erfordern 10 g Gips zur Umsetzung 21 g Soda; 17 g Gips erfordern daher $\frac{2 \quad \cdot 17}{10} = 2{,}1 \cdot 17$ g Soda.

Dem vorliegenden Wasser müssen somit pro Hektoliter rund 36 g Soda zugesetzt werden, um allen Gips umzusetzen.

Allgemein verfährt man also so, daß man zunächst die Kubik-Centimeter Soda-Lösung ermittelt, die einem Liter Wasser zugesetzt werden müssen, und diese mit 2,1 multiplizirt; so viel Gramm Soda müssen dem Wasser pro Hektoliter zugesetzt werden.

Enthält das Wasser größere Mengen Magnesiasalze, insbesondere auch Chlor-Magnesium, so gestaltet sich die Ermittelung der Sodamenge nicht so einfach, wie oben angegeben. Da es aber viele Wässer giebt, die ganz frei sind von Magnesium-Verbindungen und nur Kalksalze, und zwar der Hauptsache nach kohlensauren und schwefelsauren Kalk (Gips) enthalten, so mögen obige Mittheilungen doch Manchem von Nutzen sein.

Der Zusatz der Soda zum Kessel sollte täglich nach der Menge des neu zugeführten Speisewassers und dessen Gehalt an Gips vorgenommen werden. Größere Mengen Soda auf einmal dem Kessel zuzusetzen, ist nicht empfehlenswerth.

Eine Hauptschwierigkeit liegt nun in der Feststellung des täglich in den Kessel hineinkommenden Wassers. Allgemeine Angaben lassen sich hier kaum machen; bei regelmäßigem Betriebe dürfte man aber auf folgende Weise zum Ziele gelangen.

Zuerst genügt eine rohe Feststellung der Menge des dem Kessel täglich zugeführten Wassers. Man wiegt an einem Tage die Kohlen, die im Kessel-

hause verbrannt werden, und nimmt an: gute Steinkohle wird 7mal so viel Wasser, weniger gute Steinkohle 6mal so viel, böhmische Braunkohle 5mal, Anhalter und Märkische Braunkohle, auch Torf 2mal so viel Wasser verdampfen. Wenn also z. B. täglich 700 kg (14 Centner) stückige Steinkohle verbrannt werden, so wird angenommen, daß in dem Kessel täglich $700 \times 7 = 4900$ kg oder Liter Wasser verdampft werden.

Hat man nun z. B. gefunden, daß 70 g Soda für 100 Liter Wasser nöthig sind, so kann man, da täglich ungefähr 4900 Liter dem Kessel zugeführt werden, annehmen, daß täglich $49 \times 70 = 3430$ g rund 3,4 kg Soda verwendet werden müssen.

Der Zusatz der Soda geschieht nun in der Weise am einfachsten, daß man an das Saugerohr der Speisepumpe einen seitlichen Stutzen mit Hahn anlöthet, daran einen Gummischlauch ansetzt und diesen in einen irdenen Topf führt, der die Soda-Lösung von 3,4 kg enthält.

Wenn man dieses Quantum Soda einige Tage lang dem Kessel beigebracht hat, untersucht man, ob man zu viel oder zu wenig Soda genommen hat. Man öffnet den unteren Probirhahn, läßt ordentlich durchblasen und fängt $^1/_2$ Liter Kesselwasser auf. In einem Reagenzglas, welches mit diesem Wasser gefüllt wird, probirt man mit oxalsaurem Ammonium, in einem anderen Gläschen mit Chlorcalcium. Entsteht in dem ersten Gläschen eine Trübung, fehlt Soda; entsteht in dem zweiten eine Trübung, ist Soda im Ueberschuß; man führt dementsprechend einige Tage lang dem Kessel etwas mehr (0,2 kg) oder weniger Soda zu und kommt auf diese Weise in kurzer Zeit zu dem richtigen Maß, welches dann nur noch etwa alle Monate einmal in derselben Weise geprüft wird.

Es kommt nun aber noch darauf an, den Schlamm aus dem Kessel zu entfernen, der durch den ausgefällten kohlensauren Kalk entsteht. Dazu öffnet man täglich den Ablaßhahn am Kessel vor Beginn des Betriebes so lange, bis etwa die halbe Höhe des Wasserstands-Glases ausgeblasen wird. Oder man schafft einen Schlamm-Sammler von Hans Reisert in Köln a. Rh. an, der täglich einmal ausgeblasen wird. Das Beste ist, man reinigt das Wasser, ehe es in den Kessel kommt, so daß der Schlamm außen bleibt.

Hierzu giebt es sehr brauchbare Apparate, z. B. von A. L. G. Dehne in Halle a. S. oder Hans Reisert in Köln a. Rh. Man kann sich auch selbst einen Apparat bauen aus 2 Petroleum-Tonnen, die mit Kies oder Kokstücken gefüllt ein brauchbares Filter bilden. Unten werden dieselben mit einem Rohr verbunden: Man läßt das Wasser, dem die nöthige Sodamenge beigegeben ist, langsam durch die neben einander stehenden Tonnen in das Speisegefäß laufen, aus dem die Speisepumpe das gereinigte Wasser entnimmt.

12. Bestellschreiben an eine Kesselfabrik bei Beschaffung eines Dampfkessels.

. . . . . . , den 1902

Herrn . . . .

zu

Hierdurch bestelle ich bei Ihnen zum Preise von . . . . . Mk. den mir durch die Offerte vom . . . . . angebotenen Dampfkessel, in der Form und den Abmessungen, wie dieselben in dem Anschlage und in der beigefügten Zeichnung angegeben sind. Die vom Wasser bespülte Heizfläche soll . . . . qm betragen und übernehmen Sie dafür die Verantwortung, daß der angebotene Dampfkessel die Heizfläche hat.

In dem Preise ist eingeschlossen der Transport, die Aufstellung und Inbetriebsetzung des Kessels. Für den Transport des Kessels vom Bahnhof nach dem Aufstellungsort stellen Sie kostenlos einen Kesselwagen ohne Bespannung und die nöthigen Hebevorrichtungen und sonstiges Werkzeug und einen Monteur, welcher die Entladung und den Transport unter Ihrer Verantwortung leitet, den Kessel auf das Mauerwerk legt und die grobe und feine Armatur anbringt. Die Bespannung für den Kesselwagen und die erforderlichen Hülfsmannschaften stelle ich. Der Lohn, die Reisekosten, die Wohnung und Beköstigung des Monteurs geht auf Ihre Kosten.

Für Unfälle, welche die Leute etwa erleiden sollten, welche ich Ihnen zum Transport und Aufbringung auf das Mauerwerk zur Verfügung stelle, sind Sie verantwortlich, solange den Anordnungen des Monteurs Folge geleistet wird, und falls die Berufsgenossenschaft, bei der die Leute versichert sind, sich weigert, für diese einzustehen. Wenn die Berufsgenossenschaft also eine Fahrlässigkeit Ihres Monteurs nachweist und die Kur- und Rentenkosten ablehnt, haben Sie diese zu bezahlen bezw. einzuklagen.

Die Zeichnungen und Beschreibungen zur Erlangung der behördlichen Erlaubniß zur Aufstellung des Kessels, sowie die Zeichnungen zur Einmauerung liefern Sie kostenlos und überwachen auch die Einmauerung ohne besondere Vergütigung. Die ausführenden Maurer werden sich den Anordnungen Ihres mit der Ueberwachung betrauten Vertreters fügen. Die Kosten der Einmauerung selbst trage ich. Die Abmessungen des Schornsteines haben Sie zu bestimmen bezw. anzugeben, welche Zugstärke in mm Wassersäule Sie für nothwendig erachten.

Für den Dampfkessel darf nur bestes Material verwendet werden, die Bleche müssen 34 bis 40 kg Festigkeit bei 25 pCt. Dehnung ergeben und auch im Uebrigen den abgeänderten Würzburger Normen von 1895 entsprechen.

Falls Sie mir nicht eine amtliche Prüfung der Bleche vorlegen, behalte ich mir das Recht vor, in Ihrer Fabrik Proben entnehmen zu lassen, die Sie den bekannten Vorschriften gemäß kostenlos für die Zerreißprobe her-

zurichten haben. Die Zerreißversuche selbst bezahle ich. Der Kessel soll in den Längsnähten doppelte Nietung erhalten, die Blechkanten sollen gehobelt und innen und außen verstemmt werden und die Nietlöcher sollen gebohrt werden. Für die Güte und Dauerhaftigkeit des Kessels, auch für die Güte der Einmauerung und der genügenden Verankerung desselben übernehmen Sie eine Garantie von zwei Jahren derart, daß jeder ohne meine nachweisbare Schuld am Kessel entstehender Schaden sofort auf Ihre Kosten beseitigt wird; die Kosten für das etwa abzustoßende Mauerwerk werden von Ihnen vergütet. Für Betriebsstörungen werden dagegen keine Entschädigungen beansprucht. Die Armaturen müssen besonders vorzüglichst hergestellt werden. Falls Sie dieselben nicht herstellen, haben Sie die Bezugsquelle anzugeben und behalte ich mir vor, eine bestimmte vorzuschreiben. Die Wasserstandhähne und alle anderen Ventile, welche während der Garantiezeit von 2 Jahren undicht werden, müssen durch bessere ausgetauscht werden. Als Schutzhülsen für die Wasserstandzeiger sind die Drahtgläser von Richard Schwartzkopff in Berlin zu wählen.

Für den richtigen Einbau, die richtige Rostgröße und Rostform für dasjenige Brennmaterial, welches ich zu feuern beabsichtige und wovon Ihnen auf Wunsch eine Probe zugeschickt werden kann, verpflichten Sie sich in der Weise, daß bei einer gleichmäßigen Dampfentnahme von 16—20 kg für je einen Quadratmeter Heizfläche und Stunde wenigstens eine Ausnutzung von 68 pCt. des theoretischen Heizwerthes der verfeuerten Kohle erzielt werden soll. Die Kohle soll 6800 Wärmeeinheiten Heizwerth haben. Für den Fall, daß diese garantirte Ausnutzung des Brennmaterials nicht erreicht werden kann, steht mir das Recht zu, von dem Kaufpreise des Kessels den rechnungsmäßigen Verlust an Brennmaterial in Abzug zu bringen, der sich ergiebt während der Zeit von 10 Jahren, das Jahr zu 4000 Arbeitsstunden und 100 kg Kohle zu 2 Mk. angenommen.

Die Prüfung des Kessels auf Güte des Materials und auf Erfüllung der vorstehenden Ausnutzung des Materials geschieht nach den hierfür geltenden Bestimmungen — Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1900 Seite 460 u. f. — durch einen Beamten der Versuchs- und Lehranstalt für Brauerei in Berlin, dessen Angaben für beide Theile bindend sind. Dieser Beamte hat die Menge des Wassers, dessen Temperatur, das Gewicht der Kohlen und den Dampfdruck festzustellen und die Durchschnittsprobe der Kohlen zu entnehmen, im Uebrigen steht Ihnen die Leitung des Versuches und der Feuerung zu.

Falls Sie den Kessel durch einen eigenen Heizer am Versuchstage bedienen lassen, haben Sie dessen Reise- und Aufenthaltskosten, sowie die Löhnung zu bezahlen. Vor dem Hauptversuche wird Ihnen der Kessel zu Vorversuchen zur Verfügung gestellt, wozu Sie aber, falls der Dampf nicht verwerthet werden kann, die Kohlen zu bezahlen haben. Für den Hauptversuch bezahle ich die Kohlen.

Den Tag für den Hauptversuch habe ich ungefähr drei Wochen nach Fertigstellung bezw. Inbetriebsetzung der Kesselanlagen, möglichst nach vorheriger Verständigung mit Ihnen zu bestimmen. Sollte eine solche Verständigung nicht zu ermöglichen sein, oder sollten Sie sich an dem Heizversuche nicht betheiligen, so wird derselbe von dem vorgenannten Beamten allein durchgeführt und sind dessen Meßergebnisse als bindend für beide Theile zu betrachten.

Die Lieferung des Dampfkessels auf der Baustelle muß . . . . Wochen nach der heutigen Bestellung, also am . . . . . . erfolgen. Auch wenn das Kesselhaus oder die sonstigen Gebäude im Rückstand bleiben, entbindet Sie dies nicht, den Kessel rechtzeitig zum Versand zu bringen. Zum Einbau und der sonstigen Fertigstellung gewähre ich drei Wochen, wozu ich die von Ihnen verlangte Anzahl Maurer zur Verfügung stelle, so daß der Kessel am . . . . . . in Betrieb gesetzt werden kann. Für jeden Tag durch Ihre Schuld späterer Inbetriebsetzung wird ein Prozent von der Schlußsumme der Rechnung in Abzug gebracht.

Die Zahlungen verpflichte ich mich in folgenden Raten zu leisten:

1. Ein Drittel spätestens 8 Tage nach erfolgter Bestellung.
2. Ein Drittel spätestens 8 Tage nach der Prüfung der fertigen Anlage und nachdem die bei der Prüfung etwa nothwendigen Ergänzungen und Verbesserungen ausgeführt sind. Wenn die Prüfung von mir nicht spätestens 5 Wochen nach Fertigstellung beantragt wird, oder die Inbetriebsetzung durch meine Schuld länger als 2 Monate herausgeschoben wird, wird das zweite Drittel 3 Monate nach Inbetriebsetzung der Anlage fällig.
3. Der Rest 6 Monate nach dem Zahlungstermin der zweiten Rate.

Kraft, Arbeit und Pferd (Pferdekraft).

Das Wesen der Kräfte ist uns unbekannt, das Vorhandensein derselben schließen wir aus ihren Wirkungen. Verursacht eine Kraft eine Bewegung, so arbeitet sie, sie leistet etwas; wir nennen den Erfolg Arbeit oder Leistung.

Eine Kraft braucht, um auf das Vorhandensein derselben zu schließen, eine Bewegung nicht zu erzeugen oder zu arbeiten. Jeder Körper übt z. B. durch die Anziehungskraft der Erde, durch sein Gewicht, eine Kraft, also einen Druck auf seine Unterlage aus, oder einen Zug, wenn der Körper hängt, ohne daß eine Bewegung entsteht. Ist die Kraft aber größer als der Widerstand der Unterlage, auf der er ruht, oder des Seiles, an dem er hängt — wird also die Tischplatte, auf der ein schwerer Körper steht, zerbrochen, oder reißt das Seil, an dem ein Gewicht hängt, so arbeitet die Kraft, das Gewicht des Körpers, sie leistet etwas.

Jede Kraft kann man sich durch ein Gewicht ersetzt denken und werden deshalb die mechanischen Kräfte durch Gewichte gemessen, in Deutschland durch Kilogramme. 1 kg ist das Gewicht eines Liters 4 grädigen, reinen Wassers. Die Bewegung, welche eine Kraft bei Ueberwindung des Widerstandes hervorruft, wird durch die Länge des Weges und die Zeit, in der dieser zurückgelegt wird, gemessen. Die Länge eines Weges wird durch die Maaßeinheit, das Meter, und die Zeit durch die Zeiteinheit, die Sekunde, gemessen. Der Weg, der in einer Sekunde zurückgelegt wird, ausgedrückt in Metern, heißt Geschwindigkeit.

Eine Arbeit oder eine Leistung stellt ein Produkt dar aus: Kraft (Kilogramm) mal Geschwindigkeit (Weg in Metern während einer Sekunde) oder Kilogramm mal Meter in der Sekunne, Sekunden-Kilogrammmeter oder Sekunden-Meterkilogramm, abgekürzt geschrieben sec. mkg. Ein Sekunden-Meterkilogramm ist also die Maaßeinheit für die Arbeit, für die Leistung, und man versteht darunter eine Arbeit, welche nothwendig ist, um in einer Sekunde ein Kilogramm ein Meter weit zu bewegen.

Die Arbeit einer Wasserpumpe, welche 20 kg (Liter) Wasser in einer Sekunde 15 m hoch — vom Wasserspiegel im Brunnen bis zum Ausfluß in das Sammelgefäß auf dem Boden gemessen — fördert, beträgt also $20 \cdot 15 = 300$ Sekunden-Meterkilogramm (sec. mkg).

Gewöhnlich läßt man, da sich eine Leistung immer auf die Zeiteinheit — eine Sekunde — bezieht, diese Bezeichnung fort und schreibt nur mkg.

Durch zahlreiche Versuche ist die Arbeits- und Leistungsfähigkeit von Menschen und Thieren ermittelt, und zwar bei einer Geschwindigkeit, die sie dauernd beibehalten können, und bei einer Kraftüberwindung, die ebenfalls dauernd geleistet werden kann. Die Geschwindigkeit, die auf kurze Zeit von Menschen und Thieren angenommen werden kann bei gleichzeitiger vorübergehender Ueberwindung größerer Widerstände, kommt hierbei nicht in Betracht.

Ein Mensch kann dauernd während einer 8 stündigen Arbeitszeit täglich bei der für ihn zweckmäßigsten Geschwindigkeit von 0,8 m in der Sekunde 15 kg befördern, seine Leistung beträgt also $0{,}8 \cdot 15 = 12$ mkg.

Ein Pferd schafft bei der zweckmäßigen Geschwindigkeit von 1,25 m 60 kg, seine Leistung ist demnach $1{,}25 \cdot 60 = 75$ mkg.

Die Arbeit eines Menschen kann also durch $\frac{12}{75} = 0{,}16$ Pferde ersetzt werden, oder $\frac{75}{12} = 6{,}25$ Menschenarbeiten ersetzen ein Pferd, d. h. was durch 25 Mann an roher Arbeit geschafft wird, kann auch von 4 Pferden verrichtet werden.

Wenn ein Mensch an einer Maschine arbeitet, ist seine Leistung geringer; am Göpel leistet er 7,5 mkg, an einer Kurbel 8 mkg, am Tretrad 9 mkg. Ein Pferd leistet am Göpel 40 mkg.

Die Leistung einer *Dampfmaschine* oder jedes anderen Motors wird ebenfalls durch die Maaßeinheit der Arbeit, das *Meterkilogramm*, gemessen; weil dieses Maaß sehr große Zahlen liefert, ist es üblich, eine größere Maaßeinheit, das *Pferd* = 75 mkg, für Maschinen anzuwenden. Diese Einheit nennt man fälschlich *Pferdekraft* oder *Pferdestärke*, richtiger läßt man die zweite Hälfte des Wortes weg und spricht nur von „*Pferden*“ ohne Zusatz von Kraft, Stärke, Leistung u. s. w. und von einer z. B. 25 „*pferdigen*“ Dampfmaschine.

Dampfmaschine.

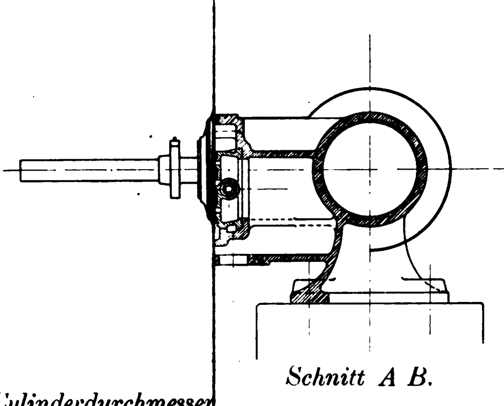
---

1. Beschreibung.

In dem Dampfcylinder befindet sich ein Kolben, derselbe schließt dampfdicht an die Cylinderwandung an; der Kolben wird durch die Spannkraft des Dampfes, welcher abwechselnd auf der einen und der anderen Kolbenseite in den Dampfcylinder eintritt, hin und her bewegt. An dem Kolben sitzt die Kolbenstange, die mittelst der Stopfbuchse dampfdicht durch den vorderen Cylinderdeckel hindurch geht und die Bewegung des Kolbens nach außen auf den Kreuzkopf überträgt. Dieser wird durch die Gradführung oder Gleitbahn parallel zur Cylinderachse geführt. In dem Kreuzkopf ist die Kolbenstange durch einen Keil unverrückbar, außerdem das eine Ende der Pleuelstange beweglich befestigt. Das andere Ende der Pleuelstange umfaßt den Kurbelzapfen, welcher in der Kurbel festsitzt, während die Kurbel auf der Schwungradachse befestigt ist. Mittelst der Pleuelstange wird die hin- und hergehende Bewegung des Kolbens in eine drehende verwandelt. Die Haupt- oder Schwungradwelle wird von dem Kurbellager und dem zweiten Schwungradlager getragen. Auf der Welle sitzt das Schwungrad und, falls dieses nicht direkt zur Uebertragung der Dampfmaschinenarbeit auf das Triebwerk benutzt wird, noch eine Riemenscheibe für diesen Zweck. Das Schwungrad hat die Aufgabe, die an sich ungleichmäßige Bewegung während einer Drehung gleichmäßig zu gestalten. Der Regulator erhält eine gleichmäßige Drehungszahl der Dampfmaschine bei wechselnder Belastung derselben aufrecht. Der Kreis, welchen der Mittelpunkt des Kurbelzapfens beschreibt, heißt der Kurbelkreis, sein Durchmesser ist gleich dem Hube des Kolbens, das ist der Weg desselben von einem Ende — dem todten Punkte — zum anderen. Die Kurbellänge ist also gleich dem halben Hube.

Die Steuerung der Dampfmaschine besorgt die Dampfvertheilung, d. h. sie läßt den Dampf einmal auf der einen, das andere Mal auf der anderen Seite des Kolbens in den Dampfcylinder eintreten und sorgt ferner dafür, daß der Dampf, nachdem er seine Kraft an den Kolben abgegeben hat, nach außen blasen kann.

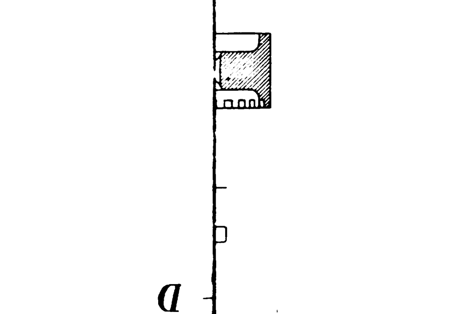
ersteuerung.

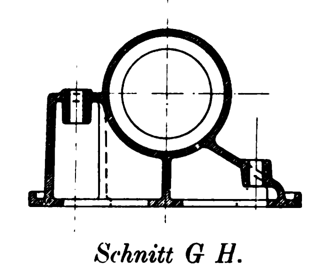


Schnitt A B.

Schnitt E F.

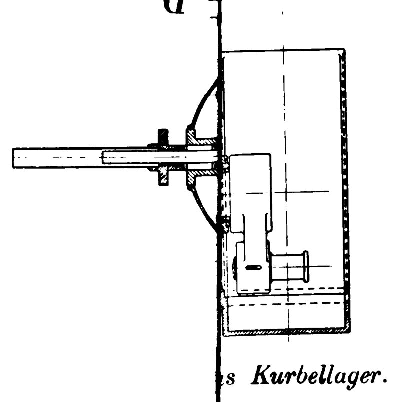
Cylinderdurchmesser
Hub
Anzahl der Drehung
in der Minute





Schnitt G H.

a



Schnitt C D.

s Kurbellager.

Größere Dampfmaschinen haben zur Vermeidung der Abkühlung des Dampfes im Cylinder noch einen Mantel um denselben, ein Dampfhemd, und wird der Cylinder entweder durch besonderen Kesseldampf geheizt, oder der Frischdampf umspült zunächst den Dampfcylinder und tritt dann erst durch die Steuerung in denselben hinein. Kleinere Dampfcylinder werden nur mit einer Wärmeschutzmasse, die gewöhnlich mit einem Schutzblech umgeben wird, umhüllt.

2. Berechnung der Leistung einer Dampfmaschine ohne Expansion.

Die Leistung einer Dampfmaschine in Pferden bildet das Produkt aus der Kraft des Dampfes (kg), mit der er auf den Kolben drückt, mal der Geschwindigkeit des Kolbens (m), dividirt durch 75.

Die Kraft, der Druck des Dampfes auf den Kolben, ist von der Größe der Kolbenfläche und der Dampfspannung abhängig. Wenn der Durchmesser des Kolbens einer Dampfmaschine 36 cm beträgt, hat der Kolben $\frac{36 \cdot 36 \cdot 3{,}14}{4} = 1018$ qcm Fläche; wenn der Dampf 5 Atm. Spannung (Ueberdruck) hat (5 kg auf je 1 qcm), so beträgt der Gesammtdruck auf den Kolben:

$$1018 \cdot 5 = 5090 \text{ kg}.$$

Die Geschwindigkeit des Kolbens, der Weg desselben innerhalb einer Sekunde in Metern gemessen, berechnet man aus dem Hube und der Anzahl der Drehungen der Maschine während einer Minute. Bei jeder Drehung macht der Kolben einen Hin- und einen Hergang, also 2 Hübe. Beträgt der Hub einer Dampfmaschine z. B. 0,64 m und macht die Maschine in der Minute 80 Drehungen, so legt der Kolben während einer Minute $0{,}64 \cdot 2 \cdot 80 = 102{,}4$ m zurück und während einer Sekunde — Geschwindigkeit des Kolbens — $\frac{102{,}4}{60} = 1{,}7066$ m.

Kraft (Druck) auf den Kolben $= 5090$ kg,
Geschwindigkeit des Kolbens $= 1{,}7066$ m,
Leistung der Dampfmaschine $= 5090 \cdot 1{,}7066 = 8686{,}59$ mkg
" " " $= \frac{8686{,}59}{75} = 115{,}82$ Pferde.

3. Wirkung der Expansion des Dampfes.

Vorstehend war bei Berechnung des Gesammtdruckes des Dampfes auf den Kolben angenommen, daß der Druck während des ganzen Hubes des Kolbens in gleicher Höhe erhalten bleibt, was der Fall ist, wenn der Dampfeingangskanal zum Dampfcylinder während des ganzen Kolbenhubes geöffnet bleibt. Wenn der Dampfeingangskanal früher geschlossen wird, ehe der Kolben den Hub vollendet hat, so dehnt sich der eingeschlossene

Dampf von dem Augenblick des Abschlusses an in dem Maße aus, er **expandirt**, als sich der Raum durch Fortschreiten des Kolbens vergrößert, und nimmt sein Druck in gleichem Maße ab; der Druck des Dampfes steht im umgekehrten Verhältniß zu seinem Raum — **Mariotte**'sches Gesetz —.

Durch die Expansion wird die im Dampf aufgespeicherte Kraft wesentlich besser ausgenutzt, weshalb alle Dampfmaschinen in der Praxis mit Expansion arbeiten müssen. Wird die Ausnutzung des Dampfes bei voller Füllung mit 1 bezeichnet, so beträgt dieselbe für die verschiedenen Füllungen:

für 1,0 Füllung = 1,00
„ 0,5 „ = 1,69
„ 0,33 „ = 2,10
„ 0,25 „ = 2,38
„ 0,20 „ = 2,60
„ 0,15 „ = 2,92
„ 0,10 „ = 3,30

Der mittlere auf den Kolben wirkende Dampfdruck ist von der Füllung des Dampfcylinders — Expansionsgrad — und von dem Ueberdruck im Kessel abhängig. Für den Druckverlust zwischen Kessel und Dampfmaschine wird rund 0,5 Atm. angenommen.

Ueberdruck im Kessel Atmosphären	Füllungsgrad						
	0,20	0,25	0,30	0,33	0,40	0,50	0,60
	Wirksamer mittlerer Ueberdruck in Atmosphären						
4,0	1,176	1,477	1,741	1,899	2,180	2,522	2,783
4,5	1,435	1,769	2,063	2,239	2,550	2,930	3,223
5,0	1,694	2,061	2,385	2,579	2,920	3,388	3,660
5,5	1,952	2,353	2,705	2,916	3,290	3,746	4,098
6,0	2,210	2,645	3,025	3,253	3,660	4,154	4,536
6,5	2,469	2,937	3,348	3,594	4,030	4,562	4,972
7,0	2,719	3,229	3,700	3,935	4,400	4,970	5,408
7,5	2,986	3,520	3,990	4,272	4,770	5,378	5,847

Für genaue Berechnungen muß der mittlere Druck auf den Kolben durch den Indikator jedesmal ermittelt werden. (Siehe Seite 92.)

4. Berechnung der Leistung einer Dampfmaschine mit Expansion.

In dem vorstehend angeführten Beispiele war ein Kesseldruck von 5 Atm. angegeben, arbeitet die Maschine mit 0,25 Füllung, so muß für den mittleren wirksamen Druck auf den Kolben anstatt 5 nach der Tabelle 2,061 eingesetzt werden:

Kolbendurchmesser . . . . = 36 cm
Kolbenhub . . . . = 0,64 m
Anzahl der Drehungen in der Minute = 80
Kesseldruck . . . . = 5 Atm.
Füllungsgrad . . . . = 0,25

Leistung der Maschine:

$$= \frac{36 \cdot 36 \cdot 3{,}14}{4} \cdot \frac{2 \cdot 0{,}64 \cdot 80}{60 \cdot 75} \cdot 2{,}061 \text{ Pferde}$$

$$= 1018 \cdot 0{,}02275 \cdot 2{,}061 \text{ Pferde}$$

$$= 47{,}73 \text{ Pferde,}$$

bei 7 Atm. Kesselspannung leistet dieselbe Maschine bei 0,3 Füllung, da der mittlere Druck nach der Tabelle 3,7 beträgt:

$$1018 \cdot 0{,}02275 \cdot 3{,}7 = 85{,}69 \text{ Pferde.}$$

5. Wirkung der Kondensation.

Wird der verbrauchte Dampf aus der Dampfmaschine nicht ins Freie geblasen, wie es bei Auspuffmaschinen der Fall ist, sondern strömt er in einen geschlossenen Raum, in welchem er durch kaltes Wasser abgekühlt und verflüssigt oder kondensirt wird, so entsteht hinter dem Kolben ein Unterdruck, welcher die Wirkuug des gespannten Dampfes auf der anderen Kolbenseite unterstützt, ihn also bei vollkommenem Vakuum um eine Atmosphäre vergrößert.

Zum Kondensator gehört noch eine Luftpumpe, welche das Kühlwasser und das Dampfwasser bei Erhaltung des Unterdruckes dauernd fortschafft. Dieselbe muß tiefer als der Dampfcylinder stehen; die Kolbenstange der Kondensatorpumpe mit der des Dampfcylinders direkt zu kuppeln, empfiehlt sich nicht. Der entstehende Unterdruck hängt von der Temperatur des abfließenden Kühlwassers ab und beträgt bei 45° C. = −0,9 Atm. (Siehe Dampftabelle Seite 34.) Der Nutzen des Kondensators ist von der mittleren Dampfspannung auf der Hochdruckseite des Kolbens abhängig, er beträgt, ein Vakuum von − 0,80 Atm. = 60 cm Quecksilbersäule vorausgesetzt:

bei 1 Atm. mittlerer Spannung = 80 v. H.
„ 2 „ „ „ = 40 v. H.
„ 3 „ „ „ = 26,6 v. H.

Das Kühlwasser wird, wenn es mit dem fettigen Dampf in Berührung kommt — Einspritzkondensator — selbst unrein und für irgend welche Zwecke unbrauchbar. Wird der Dampf durch Rohr- oder Gefäßwände,

ohne mit dem Kühlwasser in Berührung zu kommen, abgekühlt — Oberflächenkondensator — bleibt dieses rein, und ist das warm gewordene Kühlwasser für Spül- oder Brauzwecke verwendbar. Die Oberflächenkondensatoren haben deshalb für Brauereien eine große Bedeutung.

Der Kraftverbrauch der Kondensatpumpe ist 0,5 bis 1 v. H. von der Gesammtleistung der Maschine. Die nothwendige Kühlwassermenge richtet sich nach deren Eintritts- und Austrittstemperatur und nach der zu verflüssigenden Dampfmenge und ist 10 bis 40mal so groß als letztere.

6. Tandem und Verbundmaschine

sind Zwei-Cylinderdampfmaschinen, der zweite Cylinder ist drei bis fünf mal so groß, hat also bei gleichem Hube einen 1,7 bis 2,2 größeren Durchmesser. Diese Maschinen werden für Dampf mit hoher Anfangsspannung (8 und mehr Atm.) gebraucht, um den Dampfdruck vollständig ausnutzen zu können. Derselbe expandirt zunächst in dem kleinen — Hochdruckcylinder — bis auf den 3 bis 5fachen Raum, geht dann nach dem Niederdruckcylinder, expandirt hier weiter bis unter den Atmosphärendruck und geht schließlich nach dem Kondensator, in dem ein möglichst hohes Vakuum erhalten wird.

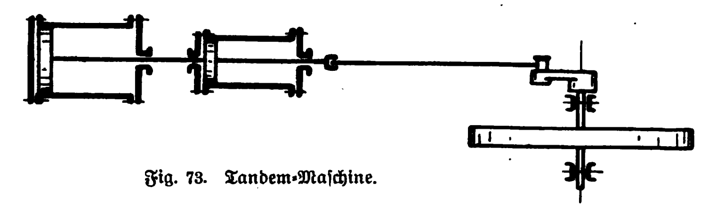


Fig. 73. Tandem-Maschine.

Liegen die beiden Dampfcylinder hinter einander und sitzen beide Kolben an einer Kolbenstange, so daß nur eine Pleulstange und eine Kurbel nothwendig ist, nennt man die Anordnung Tandem-Maschine.

Liegen die beiden Dampfcylinder neben einander, so können die Kolben und die zugehörigen Kurbeln um einen halben Hub versetzt werden, wodurch der Gang der Maschine ruhiger wird, bezw. das Schwungrad leichter gemacht werden darf. Diese Maschinen heißen Verbund- oder Kompoundmaschinen. Da der Kolben des kleinen Hochdruckcylinders auf der Mitte des Hubes steht, wenn der große Kolben

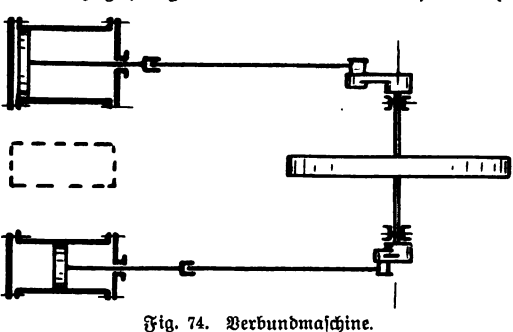


Fig. 74. Verbundmaschine.

des Niederdruckcylinders sich auf dem todten Punkt befindet, so muß zwischen beiden Cylindern ein Zwischengefäß eingeschaltet werden, welches die Tandemmaschine nicht nothwendig hat.

Wegen des ruhigeren Ganges ist die Verbundmaschine der Tandemmaschine vorzuziehen, sie ist aber theurer, und die beiden Schwungrad-Wellenenden werden durch Kurbeln besetzt, was besonders für Brauereimaschinen unbequem ist, weil das eine Wellenende in der Regel für die Kurbel des Kühlmaschinen-Kompressors gebraucht wird. In Brauereien findet man deshalb viel Tandemmaschinen trotz mancher Nachtheile im Vergleich zu den Verbundmaschinen.

7. Steuerung der Dampfmaschinen.

Die Steuerung besorgt den Zu- und Abfluß des Dampfes nach dem Cylinder, sie muß also in dem richtigen Augenblick die entsprechenden Ein- und Ausgänge öffnen und schließen. Das Auf- und Zumachen einer Oeffnung kann auf drei Arten geschehen, und unterscheidet man:

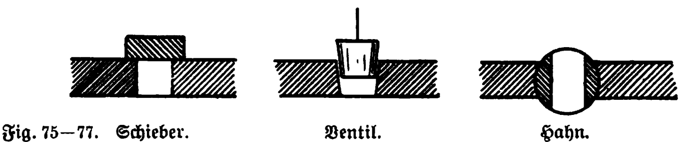


Fig. 75—77. Schieber. Ventil. Hahn.

a) Schiebersteuerung für Dampfmaschinen bis 75 Pferde (Hin- und Herbewegung).
b) Ventilsteuerung für Dampfmaschinen von 30 bis 200 Pferden (Auf- und Abbewegung).
c) Hahnsteuerung für Dampfmaschinen von 100 Pferden aufwärts (drehende Bewegung).

Neuerdings werden auch ganz große Dampfmaschinen fast ausschließlich mit Ventilsteuerung ausgerüstet, die Hahnsteuerungen sind nicht mehr beliebt.

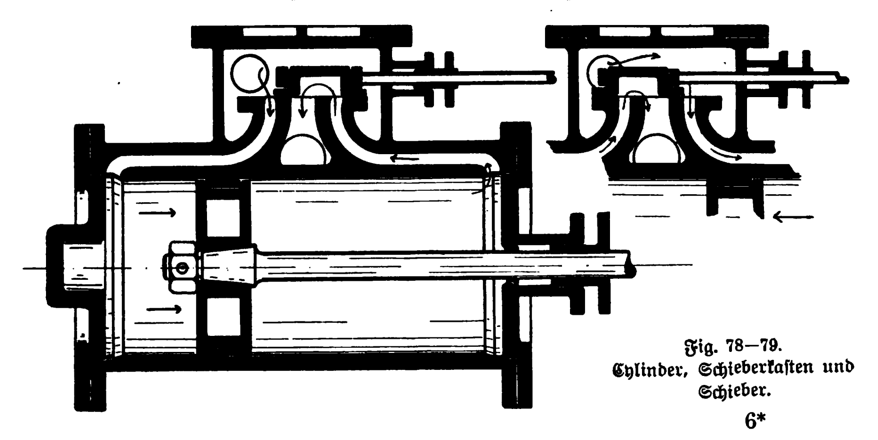


Fig. 78—79. Cylinder, Schieberkasten und Schieber.

a) Schiebersteuerung. Der Dampf, vom Dampfkessel kommend, strömt zunächst in den auf oder an dem Dampfcylinder angegossenen Schieberkasten und von hier entweder durch den rechten oder linken Dampfeingangskanal nach dem Cylinder (Fig. 76—77). Zwischen den beiden Eingangskanälen befindet sich der Ausgangskanal, der seitlich mit dem Auspuffrohr in Verbindung steht und den verbrauchten Dampf abführt.

Alle drei Kanäle werden durch einen Muschelschieber in seiner Mittelstellung verdeckt, welcher auf dem Schieberspiegel dampfdicht aufgeschliffen ist. Der Frischdampf kann nur in den einen Eingangskanal eintreten, weil der Schieber immer nur einen frei macht; gleichzeitig wird aber der verdeckte Kanal durch den Hohlraum des Muschelschiebers mit dem Mittelkanal, dem Ausgang, in Verbindung gebracht, so daß der Dampf des vorigen Hubes nach außen blasen kann.

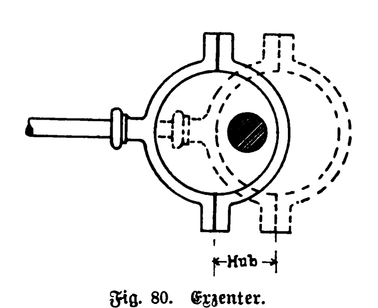


Fig. 80. Exzenter.

Die hin- und hergehende Bewegung des Schiebers wird durch ein Exzenter bewirkt, welches auf der Schwungradachse festsitzt. Der Hub eines Exzenters ist gleich dem doppelten Abstand des Mittelpunktes der Exzenterscheibe von dem der Schwungradwelle — der Exzentrizität. Eine Pleul- oder Exzenterstange vermittelt die drehende Bewegung in eine geradlinige der Schieberstange, an dem der Schieber befestigt ist.

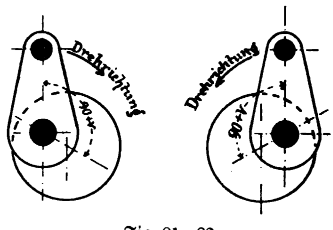


Fig. 81—82.
Stellung der Kurbel zum Exzenter.

Die Kurbel, welche mit dem Kolben verbunden ist, und das Exzenter, welches mit dem Schieber verbunden ist, müssen um etwas mehr als einen rechten Winkel versetzt sein (90° + v°). Dies läßt zwei Stellungen des Exzenters zu (Fig. 79, 80), und wird hierdurch die Drehrichtung der Dampfmaschine bedingt. Das Exzenter geht der Kurbel um einen rechten (90°) + dem Voreilungswinkel (v) voraus.

Um die nothwendige Voreilung des Schiebers und die Dampfvertheilung durch einen Schieber kennen zu lernen, wird zunächst angenommen, daß das Exzenter nur genau um einen rechten Winkel der Kurbel vorausgehe und der Schieber genau so lang sei, daß er in seiner Mittelstellung beide Kanäle gerade bedeckt, der Hub des Exzenters ist dann gleich der Kanalbreite. Es sind folgende Endstellungen zu beobachten:

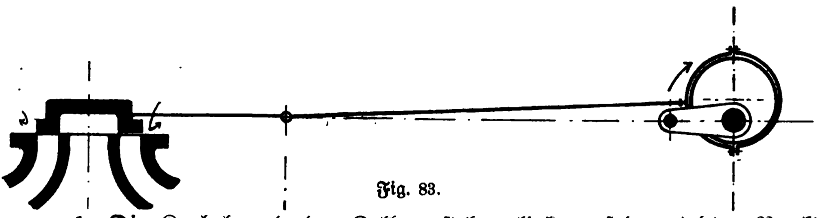


Fig. 83.

1. Die Kurbel und der Kolben stehen links auf dem todten Punkt, das Exzenter und der Schieber in der Mittelstellung, wodurch beide Eingangskanäle geschlossen sind.

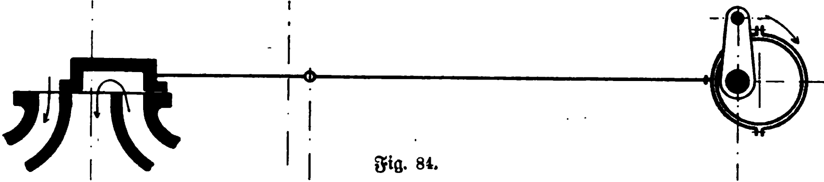


Fig. 84.

2. Die Kurbel steht nach oben, der Kolben in der Mitte des Cylinders, das Exzenter und der Schieber rechts auf dem todten Punkt, wodurch der linke Kanal für den Dampfeingang vollständig geöffnet ist.

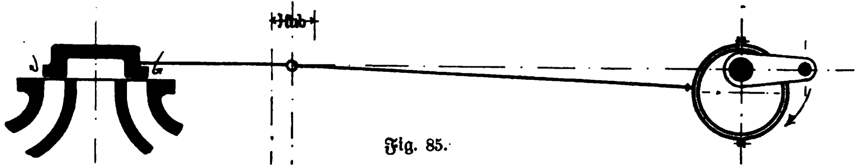


Fig. 85.

3. Die Kurbel und der Kolben stehen rechts auf dem todten Punkt, das Exzenter und der Schieber stehen wieder in der Mitte und schließen beide Kanäle.

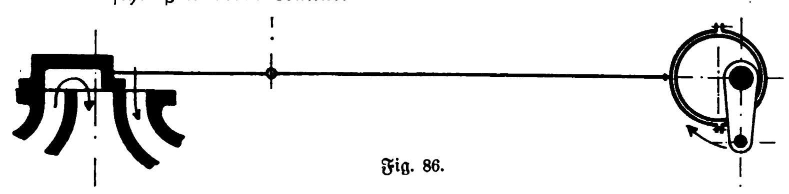


Fig. 86.

4. Die Kurbel steht nach unten, der Kolben in der Mitte, das Exzenter und der Schieber links auf dem todten Punkt, wodurch der rechte Kanal vollständig geöffnet ist.

Die Dampfeingänge sind also jedesmal vollständig geschlossen, wenn der Kolben auf dem todten Punkt steht, und ganz geöffnet, wenn er in der Mitte steht und seine größte Geschwindigkeit hat. Diese beiden Umstände sind nicht günstig: auf dem todten Punkt muß der Kolben auf den Dampf

gewissermaßen warten, und während seiner größten Geschwindigkeit bekommt er den größten Dampfzufluß, deshalb muß das Exzenter etwas vorgedreht werden, es bekommt Voreilung, es steht mehr als 90° der Kurbel voraus.

Dadurch wird der Eingangskanal links schon etwas geöffnet, wenn der Kolben auf dem todten Punkt steht, und er ist schon ganz geöffnet, ehe der Kolben in die Mitte kommt. Der Eingangskanal wird auch etwas früher geschlossen, ehe der Kolben auf seinen todten Punkt nach rechts kommt, er bekommt aber im nächsten Augenblick, ehe er auf dem todten Punkt anlangt, durch den rechten Kanal Gegendruck, wodurch er gehemmt wird.

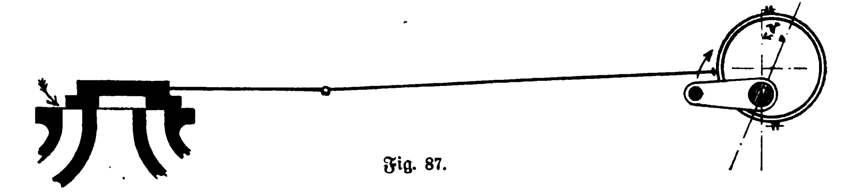


Fig. 87.

Um dies zu vermeiden und die Voreilung beizubehalten, wird der Schieber auf beiden Seiten länger gemacht, die Kanäle werden überdeckt. Die äußere Ueberdeckung beseitigt nicht nur das zu frühe Einströmen des Dampfes auf der falschen Seite, sondern sperrt den Dampf auch noch früher ab als ohne Ueberdeckung, wodurch der eingeschlossene Dampf früher anfängt zu expandiren. Je größer die äußere Ueberdeckung gemacht wird, je früher tritt die Expansion ein.

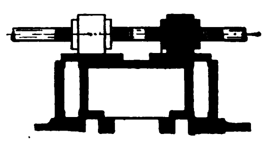
Auch innen bekommt der Schieber auf beiden Seiten je einen Ansatz, wodurch die Eingangskanäle innen überdeckt werden, diese innere Ueberdeckung bedingt die Dauer der Expansion.

Mit der Vergrößerung der äußeren Ueberdeckung muß auch der Hub des Schiebers, also die Exzentrizität vergrößert werden, weil der Hub des Schiebers gleich der Kanalbreite + der äußeren Ueberdeckung sein muß, damit der Kanal vollständig geöffnet wird. Außerdem wird durch die Ueberdeckung auch der Ausgangskanal früher als beim Hubwechsel geschlossen, d. h. die Kompression wird vergrößert, was nur bis zu einer gewissen Grenze zulässig ist.

Durch die Ueberdeckung kann aber der Frischdampf nicht so früh abgesperrt werden, wie es für die volle Ausnutzung der Dampfspannung nothwendig ist, dazu muß noch ein zweiter Schieber, der Expansionsschieber, angewendet werden.

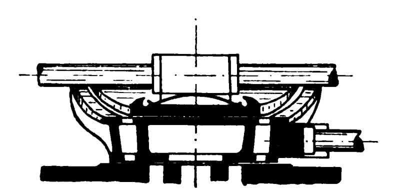
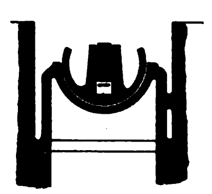
Der Grund- oder Vertheilungsschieber hat also nur die Aufgabe, den Dampf nach und aus dem Cylinder zu lassen, und der Expansionsschieber, welcher auf dem Grundschieber dampfdicht gleitet, schließt den Dampfeingang des Grundschiebers ab, wenn die Expansion im Dampfcylinder beginnen soll.

Da je nach der Belastung der Dampfmaschine die Expansion einmal früher oder später beginnen muß, muß der Expansionsschieber verstellbar sein.


Fig. 88. Meyer'sche Steuerung.

Die Meyer'sche Steuerung hat einen zweitheiligen Expansionsschieber, welcher auf dem Grundschieber gleitet; durch ein Rechts- und ein Linksgewinde auf der Schieberstange werden durch Drehung derselben mittelst eines Handrades die beiden Expansionsschieber einander genähert oder von einander entfernt, wodurch die Dampfeingangskanäle des Grundschiebers später oder früher geschlossen werden. Die Verstellung der Expansion muß mit der Hand geschehen, was natürlich während des Ganges der Maschine möglich ist.

Die Ridersteuerung wird durch den Regulator verstellt. Auf dem Rücken des Grundschiebers ist parallel zur Schublinie eine cylindrische Höhlung eingedreht, in welche der Expansionsschieber hineinpaßt und während des Hin- und Herganges gedreht werden kann. Die Enden des cylindrisch geformten Expansionsschiebers sind schräg zur Schubrichtnng ab-



Fig. 89—90. Ridersteuerung.

geschnitten, und die Eingangskanäle des Grundschiebers sind in der cylindrischen Aushöhlung ebenfalls schräg gelegt, so daß durch eine geringe Drehung des Riderschiebers der Schluß der Eingangskanäle im Grundschieber früher oder später erfolgt. Sämmtliche Füllungen des Dampfcylinders von 0 bis zur Vollfüllung werden durch eine Drehung des Expansionsschiebers um etwa 75° beherrscht, so daß die Verstellung der Füllungen der Regulator besorgen kann.

Neuerdings werden Ridersteuerungen mit Flachschiebern bevorzugt, welche sich durch Einschleifen leicht wieder dichten lassen, und ist die Dampfmaschine auf S. 84 mit einer derartigen modernen Steuerung ausgerüstet. Die Verschiebung des Flachschiebers senkrecht zur Längsachse der Dampfmaschine geschieht durch einen Knauf, der auf der drehbaren Exzenterschieberstange angebracht ist.

b) Ventilsteuerung. Für größere Dampfmaschinen von etwa 40 Pferden aufwärts wird der Schieber so groß, daß der darauf lastende Dampfdruck schon eine erhebliche Last darstellt, welche von dem Excenter hin und her gezogen werden muß, wodurch ein Theil der geleisteten Dampfarbeit wieder verloren geht. Man benutzt deshalb für diese Maschinen

gern zum Abschluß des Ein- und Ausgangsdampfes entlastete Ventile. Diese haben Doppelsitzflächen, so daß zum Anheben derselben nur der Dampfdruck zu überwinden ist, der auf der verhältnißmäßig schmalen Ringfläche übrig bleibt, welcher durch den Unterschied der beiden Ventilkreise gebildet wird.

Bei Ventilmaschinen werden immer 2 besondere Eingänge oben und 2 besondere Ausgänge unten an dem Dampfcylinder angebracht, die je durch ein Ventil verschlossen werden. Das Aufheben derselben bezw. Oeffnen geschieht von einer Steuerwelle aus, welche parallel zur Längsachse der Dampfmaschine durch Kegelräder angetrieben wird. Das Schließen der Ventile besorgen Federn, die auf den Ventilstangen in je einem Gehäuse über den Ventilen untergebracht sind.

Man unterscheidet Ventilsteuerungen mit Auslösmechanismus, bei denen die beiden Hebel, welche die Einlaßventile öffnen, von diesen vollständig gelöst werden, so daß diese, frei fallend und durch die erwähnten Schlußfedern unterstützt, auf den Ventilsitz aufschlagen. Durch Luftbuffer wird der Schlag abgemindert.

Ferner giebt es sogenannte zwangsläufige Ventilsteuerungen, bei denen die Ventile dauernd mit den Hebelstangen in Verbindung bleiben.

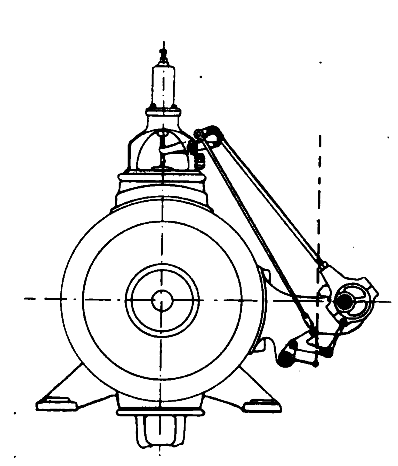


Fig. 91. Sulzer-Steuerung.

In Brauereien ist die Sulzer-Steuerung am meisten eingeführt, welche, solange dafür ein Patentschutz bestand, in Deutschland allein von der Augsburger Maschinenfabrik in Augsburg gebaut werden durfte. Die Auslösgabel ist von Sulzer jetzt durch eine einfache Zugstange ersetzt und der Abschnapper nach oben verlegt, wodurch das Gewicht der Maschinentheile, welche an der frei fallenden Schlußbewegung des Ventils theilnehmen, wesentlich vermindert worden ist. Die senkrechte Regulatorstange, welche auf der Zeichnung durch eine ┆ Linie angedeutet ist, verstellt durch Hebelübersetzungen den Kopf der Zugstange mit dem Abschnapper nach rechts oder links, wodurch das Ventil kürzere oder längere Zeit geöffnet bleibt, je nach der Belastung der Dampfmaschine, so daß die Drehungszahl immer gleichmäßig erhalten wird.

Diese vorzügliche Bauart der Steuerung im Verein mit der mustergiltigen Ausführung durch die Augsburger Maschinenfabrik hat mit dazu beigetragen, daß die Linde'sche Kühlmaschine, welche von derselben Maschinen-

fabrik ausgeführt und in der Regel mit einer Sulzer-Dampfmaschine gemeinschaftlich geliefert wird, in Brauereien eine so große Verbreitung gefunden hat.

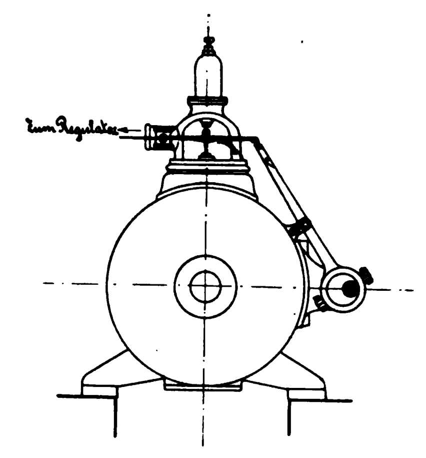
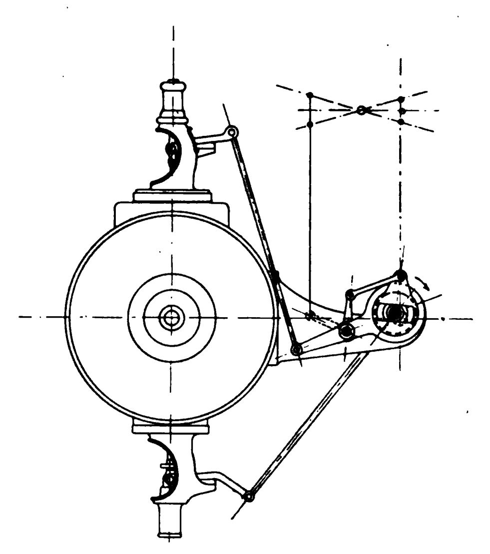


Fig. 92. Gutermuth-Steuerung.

Die **Gutermuth**-Steuerung hat ebenfalls Auslösmechanismen; der Regulator verstellt direkt den Querhebel, welcher das Ventil hebt, und schiebt diesen mehr oder weniger nach rechts oder links, so daß die Schlagnase an der Exzenterstange längere oder kürzere Zeit mit demselben in Berührung bleibt. Die große 1000pferdige Dampfmaschine der Gutenhoffnungshütte auf der Düsseldorfer Ausstellung ist mit der Gutermuthsteuerung in etwas anderer Form ausgerüstet.


Fig. 93. Elsner-Steuerung.

Als Beispiel der vielen bestehenden zwangsläufigen Ventilsteuerungen ist hier die von **F. Elsner** wiedergegeben, welche von der Maschinenfabrik **Richard Raupach** in Görlitz z. B. für die Fulde-Brauerei in Sacrau-Breslau ausgeführt ist. Die Steuerwelle hat für jedes Einlaßventil eine durch Kröpfung entstandene Kurbel bekommen, welche das Kurbellager in einem gradlinigen Schlitten hin- und herschiebt und die Exzenterscheibe, in der der Schlitten eingesetzt ist, herumdreht, wodurch der Exzenterbügel und die Zugstange zum Ventil auf- und niedergeht. Die Exzenterscheibe wird vom Regulator durch passende Hebelübersetzungen verstellt, wodurch die Exzentrizität vergrößert oder verkleinert und das Ventil längere oder kürzere Zeit geöffnet wird. Damit das Ventil auch bei einem geringen Ausschlag der Zugstange vollständig geöffnet wird, liegt der Querhebel, der die Verbindung zwischen

Hubstange und Ventil bildet, auf einer fast gradlinigen Schiene, auf der der Querhebel sich abrollt, also die Länge seiner Hebelarme verstellt.

c) Hahnsteuerungen. Die Abschlußorgane der Dampfein- und Ausgangskanäle, welche ebenfalls für sich getrennt sind, können auch Hähne sein, also konische oder cylindrische Küken; da der Küken gewöhnlich nur etwas breiter ist als der zu verschließende Kanal, wird er auch Drehschieber genannt. Die erste Hahnsteuerung von Bedeutung stammt von Korliß und werden vielfach jetzt alle Hahnsteuerungen Korlißsteuerungen genannt.

Die Exzenter und die darin sitzende Exzenterstange läßt eine Scheibe, welche vorn auf dem Dampfcylinder angebracht ist, um seinen Mittelpunkt hin- und her schwingen. Am Umfange der Scheibe sind die Drehpunkte für die Verbindungsstangen angebracht, welche nach den Hebeln der Hahnküken führen; für die Auslaßhähne besteht eine feste Verbindung, für die Einlaßhähne dagegen eine auslösbare, welche je nach der Belastung der Maschine durch den Regulator früher oder später von der Zugstange getrennt wird. Der Schluß der freien Einlaßküken geschieht durch Gewichte oder Federn. In Brauereien haben die Hahnsteuerungen keinen oder nur sehr geringen Eingang gefunden. Die großen 3000 pferdigen Dampfmaschinen der Berliner Elektricitätswerke sind mit Hahnsteuerungen ausgerüstet. Die Düsseldorfer Ausstellung, welche die modernste Dampfmaschinentechnik darstellt, zeigt, daß selbst für die größeren Dampfmaschinen jetzt Ventilsteuerungen vorgezogen werden.

8. Dampfverbrauch einer Dampfmaschine.

Der Dampfverbrauch einer Dampfmaschine ist von der Größe (Cylinderdurchmesser), von dem Anfangsdruck des Dampfes mit dem er in die Maschine eintritt, von dem Expansionsgrad und davon abhängig, ob die Maschine mit Auspuff oder Kondensation arbeitet und ein oder zwei Dampfcylinder hat.

Für normale Leistung, d. h. für den günstigsten Expansionsgrad beträgt der Dampfverbrauch für je ein indizirtes Pferd und Stunde nach Haeder:

Cylinder-Durchmesser cm	Dampf-Ueberdruck in Atmosphären				Anzahl der Cylinder	Auspuff oder Kondensation
	5 kg	6 kg	7 kg	8 kg		
20—29	16,5	15	13,5	12,5	1	Auspuff
30—39	15,5	14	13,0	12,0	1	"
40—49	14,5	13,2	12,2	11,5	1	"
	11,0	10,2	9,8	9,5	1	Kondensation

Cylinder-Durchmesser cm	Dampf-Ueberdruck in Atmosphären				Anzahl der Cylinder	Auspuff oder Kondensation
	5 kg	6 kg	7 kg	8 kg		
50—59	14,0	12,7	11,6	11,0	1	Auspuff
	10,2	9,7	9,3	9,1	1	Kondensation
	13,0	12,0	11,2	10,6	2	Auspuff
	8,9	8,2	7,7	7,2	2	Kondensation
60—69	13,7	12,4	11,3	10,7	1	Auspuff
	10,1	9,3	9,0	8,7	1	Kondensation
	12,8	11,8	11,1	10,5	2	Auspuff
	8,5	7,9	7,4	7,0	2	Kondensation

9. Die Prüfung einer Dampfmaschine

erstreckt sich in der Hauptsache auf die Feststellung der Dampfmenge, die die Dampfmaschine bei normaler gleichmäßiger Belastung für je ein indizirtes Pferd und Stunde gebraucht. Der Dampf, welcher der Maschine zugeführt wird, muß trocken sein, und wird dies dadurch erreicht, daß in dem Dampfkessel, der den Dampf erzeugt, nicht mehr als 18 kg auf 1 qm Heizfläche und Stunde gebildet werden, wenn es ein Flammrohrkessel ist, und nicht mehr als 14 kg, wenn es ein Röhrenkessel ist. Ferner muß hinter dem Absperrventil das Wasser aus dem Wasserscheider abgeleitet werden.

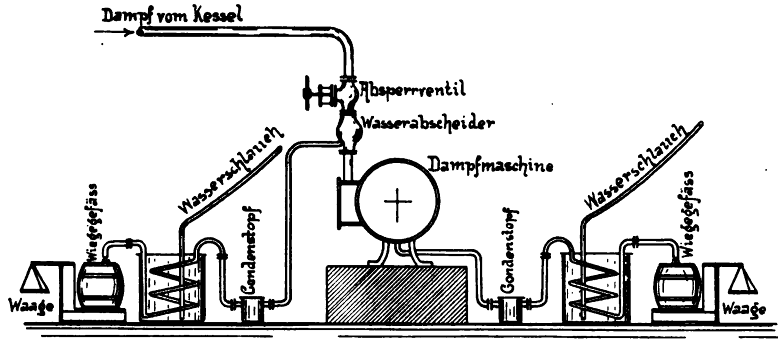


Fig. 94. Vorrichtung zur Prüfung einer Dampfmaschine.

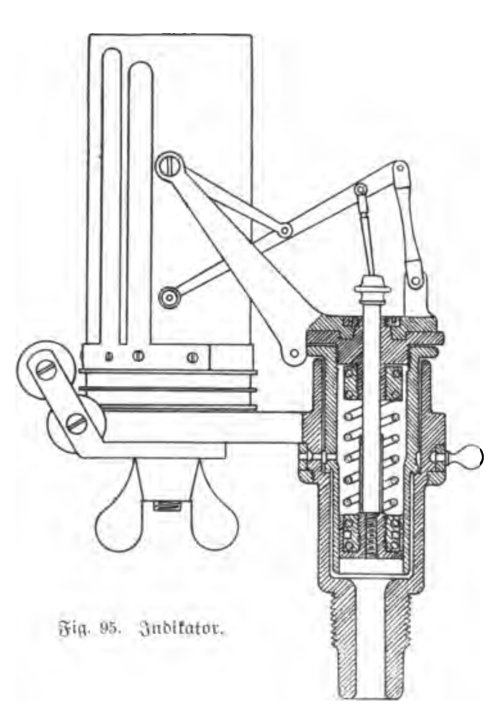
Am genauesten wird der Dampfverbrauch festgestellt, wenn der Abdampf, nachdem er die Maschine verlassen hat, in einem großen Vorwärmer soweit abgekühlt wird, daß das Dampfwasser ohne Verlust gewogen werden kann.

In der Regel ist dies aber nicht möglich und muß dann der Dampfverbrauch der Dampfmaschine aus dem dem Dampfkessel zugeführten Speise-

wasser bestimmt werden. Um irgend welche Dampfverluste sicher auszuschließen, müssen sämmtliche Rohrleitungen, welche von dem Dampfkessel ausgehen, mit Ausnahme derjenigen nach der Maschine, durch Blindflantsche verschlossen werden. Das aus dem Wasserscheider abfließende Wasser wird durch eine Kühlschlange soweit abgekühlt, daß es nicht mehr dampft, so daß es ohne Verlust gewogen werden kann. Dieses Wassergewicht wird bei der Berechnung von dem des Speisewassers abgezogen. Der zum Heizen des Dampfmantels des Cylinders nothwendige Dampf muß dann verflüssigt und gewogen werden, wenn die Bestimmung des Dampfes nicht durch das Speisewasser des Kessels, sondern durch Abkühlung und Abwiegen des Abdampfes geschieht. Dies Gewicht des Kondensators aus dem Dampfmantel wird dem Gewicht des Abdampfes zugezählt.

10. Indikator.

Gleichzeitig mit der Bestimmung des Dampfverbrauchs der Dampfmaschine wird deren Leistung genau mit Hülfe des Indikators gemessen. Während der Prüfung wird von jeder Kolbenseite etwa in Zwischenräumen von je 10 Minuten je eine Figur aufgenommen und aus dieser und den Abmessungen der Dampfmaschine die durchschnittliche Leistung der Maschine während einer längeren Dauer von wenigstens 5 Stunden berechnet.


Fig. 95. Indikator.

Der Indikator ist ein Instrument, mit dem der Verlauf der Dampfspannung im Cylinder während jedes Kolbenweges durch eine Figur bildlich dargestellt wird. Das Instrument selbst besteht aus einem kleinen Dampfcylinder, der an einem Ende des großen Dampfmaschinencylinders angesetzt wird. Der Kolben des Indikatorcylinders ist mit einer Feder belastet, welche geaicht ist, d. h. der Schreibstift, welcher an der Hebelübersetzung der Kolbenstange des Indikators angebracht ist, wird durch je 1 Atm. Dampfdruck um ein bestimmtes Maaß vorgeschoben. Wird der Frischdampf in dem großen Dampfmaschinencylinder durch die Steuerung desselben abgesperrt und nimmt der Druck bei der weiteren Be-

wegung des großen Kolbens und in demselben Maaße auch auf den Indikatorkolben ab, so drückt die Feder diesen wieder zurück.

Die auf und abgehende Bewegung des Indikatorkolbens und des damit verbundenen Schreibstiftes wird in Gestalt einer Kurve auf die am Indikator sitzende Papiertrommel aufgezeichnet, welche von der großen Dampfmaschine mittelst einer am Kreuzkopf befestigten Schnur und entsprechend seinem Wege angebrachten Uebersetzung um ihre Längsachse hin und her gedreht wird. Beim Rückgang des Kreuzkopfes und Nachlassen der Schnur wird die Papiertrommel durch eine in ihr angebrachte Feder ebenfalls wieder zurückgedreht.

Auf dem Papier, welches auf die Papiertrommel aufgesteckt wird, entsteht eine geschlossene Figur, deren Höhe die für jede Kolbenstellung den auf der entsprechenden Seite des Kolbens herrschenden Druck angiebt.

Um auch den auf der anderen Kolbenseite einwirkenden Dampfdruck zu erhalten, wird ein gleiches Instrument am anderen Ende des großen Dampfcylinders angesetzt, oder es werden die beiden Cylinderseiten durch eine Rohrleitung an einen Dreiwegehahn angeschlossen, auf den ein Indikator aufgesetzt wird, so daß man den Dampfdruck beider Kolbenseiten abwechselnd auf den einen Indikator einwirken lassen kann. Besser ist es, wenn zwei Instrumente benutzt werden, die dann gleichzeitig beide Figuren aufzeichnen.

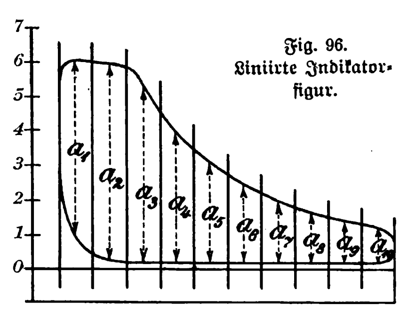


Fig. 96. Liniirte Indikatorfigur.

Um den mittleren wirksamen Druck aus diesen Figuren zu ermitteln, theilt man die Grundlinie derselben, die atmosphärische Linie, welche bei geschlossenem Indikatorhahn und Hin- und Hergang der Papiertrommel gezogen wird, mittelst eines besonderen Instrumentes — Theillineal oder Rostral — in 10 gleiche Theile und zieht durch die Theilpunkte Senkrechten zur atmosphärischen Linie, mißt die Abstände $a_1 + a_2$ u. s. w. in der Mitte der Felder und dividirt die Summe dieser 10 Höhen durch 10. Die so erhaltene mittlere Höhe der Figur in Millimetern wird je nach der Stärke der benutzten Feder durch den Federmaaßstab dividirt und giebt dann den mittleren Druck in Atm. auf je 1 qcm Kolbenfläche an. Das arithmetische Mittel der sämmtlichen Figuren von je einer Kolbenseite, welche während der Prüfung der Dampfmaschine aufgenommen sind, wird in die Rechnung eingesetzt.

Aus den feststehenden Abmessungen der Dampfmaschine und deren Drehungszahl berechnet man die beiden Konstanten für die vordere und hintere Kolbenseite: wirksame Kolbenfläche mal Hub mal Anzahl der Drehungen in einer Minute, dividirt durch 60 mal 75.

Die Summe dieser beiden Konstanten multiplizirt mit dem veränderlichen mittleren wirksamen Druck für jede Kolbenseite, durch den Indikator ermittelt, giebt die Leistung der Dampfmaschine in indizirten Pferden.

Der Durchmesser des Kolbens	=	33 cm
„ „ der Kolbenstange vorn	=	6 „
„ „ „ „ hinten	=	0 „
Der Hub der Maschine	=	0,74 m
Anzahl der Drehungen in der Minute .	=	65
Mittlerer Druck auf den Kolben vorn .	=	2,65 kg
„ „ „ „ „ hinten	=	2,23 „

Konstante vorn:

$$\left(\frac{33 \cdot 33 \cdot 3{,}14}{4} - \frac{6 \cdot 6 \cdot 3{,}14}{4}\right) \cdot \frac{0{,}74 \cdot 65}{60 \cdot 75} =$$

$$\frac{(855{,}29 - 28{,}27)\,48{,}1}{4500} = \frac{39779{,}66}{4500} = 8{,}84$$

Konstante hinten:

$$\frac{33 \cdot 33 \cdot 3{,}14}{4} \cdot \frac{0{,}74 \cdot 65}{60 \cdot 75} =$$

$$\frac{855{,}29 \cdot 48{,}1}{4500} = \frac{41139{,}45}{4500} = 9{,}14$$

Leistung: $8{,}84 \cdot 2{,}65 + 9{,}14 \cdot 2{,}23 = 23{,}426 + 20{,}382 = 43{,}808$ indizirte Pferde.

Dem Dampfkessel war während des 5 stündigen Versuches 3211,0 kg Wasser zugeführt, und der Wasserspiegel im Kessel stand zu Ende des Versuchs genau so hoch als zu Anfang, so daß alles eingeführte Wasser als Dampf von dieser Spannung der Dampfmaschine zugeführt worden ist, der Dampfdruck betrug im Mittel 6,8 Atm. Aus dem Dampfwassertopf zur Entwässerung der Dampfleitung ist jedoch während des 5 stündigen Versuches 177,4 kg aufgefangen, der Dampfmaschine ist also nur $3211{,}0 - 177{,}4 = 3033{,}6$ kg Dampf von durchschnittlich 6,8 Atm. Überdruck zugeflossen und hat damit im Durchschnitt 43,808 indizirte Pferde geleistet.

Ein indizirtes Pferd hat also in der Stunde Dampf gebraucht

$$\frac{3033{,}6}{43{,}808 \cdot 5} = 13{,}85 \text{ kg}$$

Für eine Eincylinderdampfmaschine dieser Größe ohne Kondensation darf der Dampfverbrauch nach der Tabelle Seite 90 bei 6 Atm. Dampfdruck 14,0 kg betragen.

Mit dem Indikator wird nicht nur die Leistung der Dampfmaschinen, sondern auch der Arbeitsverbrauch jeder von der Dampfmaschine angetriebenen Arbeitsmaschine gemessen, und zwar dadurch, daß einmal die Leistung der Dampfmaschine ermittelt wird, während die betreffende Arbeitsmaschine von der Dampfmaschine betrieben wird, und einmal, während die Arbeitsmaschine steht; der Unterschied beider Leistungen stellt den Arbeitsverbrauch der zu messenden Arbeitsmaschine dar.

Die in verkleinertem Maßstab gezeichneten zwei oberen Indikatorfiguren sind von der vorderen und hinteren Kolbenseite einer Dampfmaschine aufgenommen, während diese durch den Kompressor einer Kühlmaschine — einer

Arbeitsmaschine — belastet war. Die beiden unteren Figuren sind von derselben Maschine aufgenommen, nachdem der Kompressor abgehängt war.

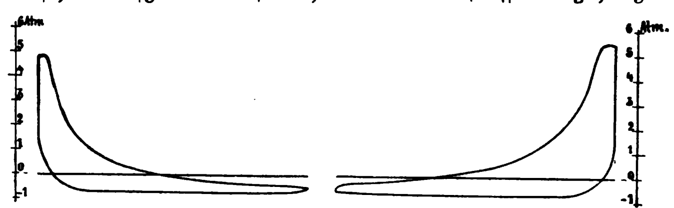


Fig. 97—99. Indikatorfiguren einer Dampfmaschine, mit Kompressor belastet.

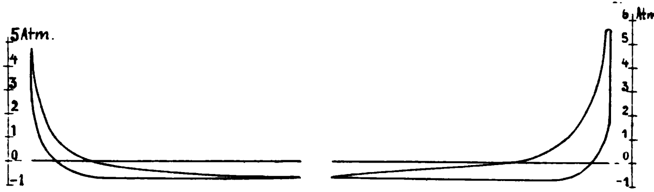


Fig. 100—101. Indikatorfiguren derselben Dampfmaschine, ohne Kompressor belastet.

Der Arbeitsbedarf eines Kompressors läßt sich auch direkt durch den Indikator messen, wenn die Instrumente an diesem selbst angesetzt werden

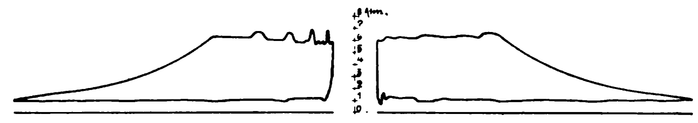


Fig. 101—102. Indikatorfiguren eines Ammoniakkompressors.

und erhält man „indizirte Kompressorpferde". Die beiden Figuren sind von einem Ammoniakkompressor aufgenommen und gehören zu den vorstehenden Dampfmaschinenfiguren.

11. Indizirtes und effektives Pferd.

Mit indizirten Pferden wird die Arbeit des Dampfes bezeichnet, welche dieser auf dem Kolben im Dampfcylinder erzeugt, mit effektiven oder Nutzpferden die Arbeit, welche von der Schwungradwelle der Dampfmaschine an das Triebwerk (Transmission) abgegeben wird. Letztere ist 10 bis 20 v. H. kleiner als die indizirte Arbeit; der Verlust wird durch die Reibung der einzelnen Maschinentheile der Dampfmaschine selbst verursacht. Das Verhältniß der effektiven zur indizirten Leistung nennt man den Wirkungsgrad, derselbe ist je nach der Größe und Güte der Maschine 0,8 bis 0,9.

Der Unterschied zwischen der indizirten Leistung und der Nutzleistung einer Dampfmaschine ist die Arbeit, welche die Maschine für sich zur Ueberwindung der Reibungen gebraucht, und war man früher der Ansicht, daß diese Arbeit mit der Größe der Belastung wächst, daß dieselbe also bei voller Belastung der Maschine viel größer ist als beim Leergang. Nach Haeder,

Schröter und anderen hervorragenden Dampfmaschinen-Ingenieuren ist dieser Unterschied aber bei voller Belastung nicht oder verschwindend wenig größer als beim Leerlauf der Maschine.

Danach ist man berechtigt, den effektiven Arbeitsverbrauch einer Arbeitsmaschine z. B. den eines Kühlmaschinenkompressors als den Unterschied der indizirten Leistung der Dampfmaschine mit und ohne Belastung durch diese Arbeitsmaschine zu bezeichnen.

Einzelne Maschinenfabrikanten schließen sich dieser Ansicht noch nicht an, weshalb bei Abschluß von Lieferungsverträgen es nothwendig ist, um Mißverständnissen vorzubeugen, die Haeder'sche Ansicht über die Reibungsverluste besonders zum Ausdruck zu bringen.

Wenn ein Maschinenfabrikant Pferde angiebt ohne nähere Bezeichnung, ob indizirte oder effektive darunter verstanden werden sollen, so sind nach einem Beschluß des Vereins deutscher Ingenieure immer effektive anzunehmen. Ein Kühlmaschinenkompressor gebraucht 20 Pferde, heißt also 20 effektive Pferde, welche, wie oben angegeben, gemessen werden.

12. Feststellung von Fehlern an der Dampfmaschine.

Wenn die Dampfmenge, welche zur Erzeugung eines indizirten Pferdes während einer Stunde auffallend hoch ist, so kann in der Regel aus der Form der Indikator-Figur der Fehler erkannt werden, wodurch der Dampfverbrauch ungünstig beeinflußt wird, oder umgekehrt kann ohne die umständliche Feststellung des Dampfverbrauches der Dampfmaschine aus der Form der Indikatorfiguren beurtheilt werden, ob die Steuerung der Dampfmaschine in Ordnung, also der Dampfverbrauch normal sein wird. Jede Dampfmaschine muß deshalb von Zeit zu Zeit durch den Indikator einer Prüfung unterzogen werden.

Nachstehende Figuren zeigen einige Fehler an der Dampfmaschine.

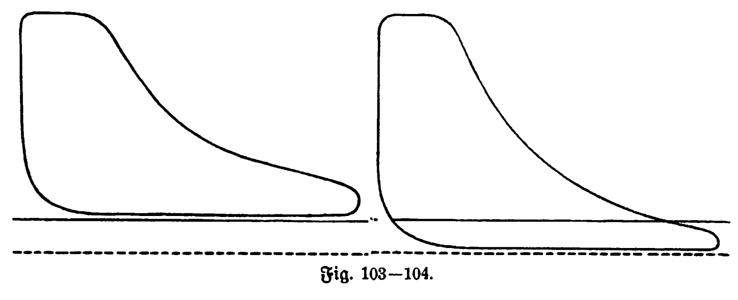


Fig. 103—104.

Fig. 103—104 zeigt Indikatorfiguren von normaler Form. Die Figuren links sind von einer Dampfmaschine ohne Kondensation, also mit Auspuff, rechts mit Kondensation. Die waagerechte unter bez. durch die Figur gezogene Linie ist die Atmosphärenlinie, die punktirte die Vakuumlinie.

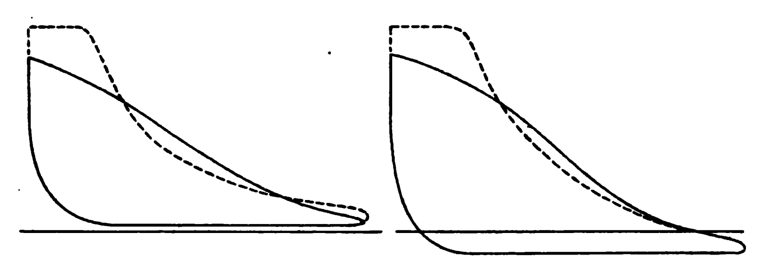


Fig. 105—106.

Fig. 105—106 sind Figuren einer Maschine mit Drosselventil, wodurch der volle Kesseldruck nicht zur Geltung kommen kann.

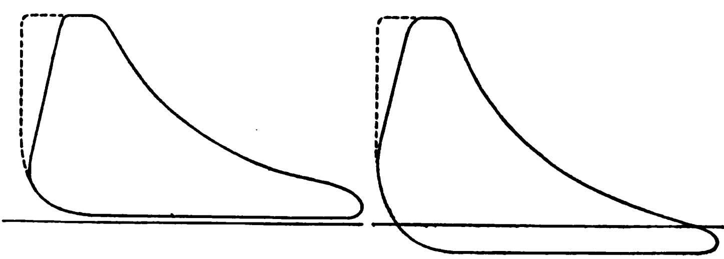


Fig. 107—108.

Fig. 107—108 zeigt den verspäteten Dampfeintritt an.

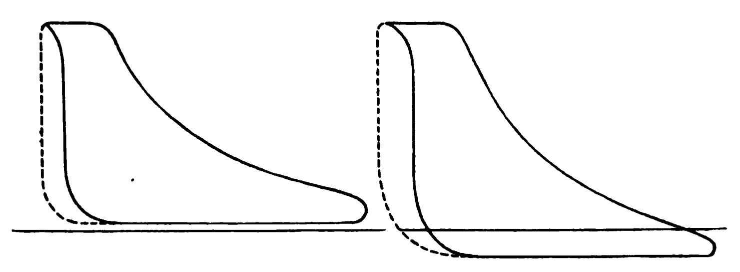


Fig. 109—110.

Fig. 109—110 zeigt den verfrühten Dampfeintritt an.

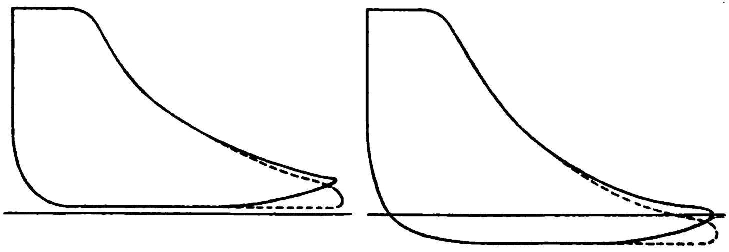


Fig. 111—112.

Fig. 111—112 zeigt verspäteten Dampfaustritt an oder läßt erkennen, daß die Austrittskanäle oder Röhren zu eng sind.

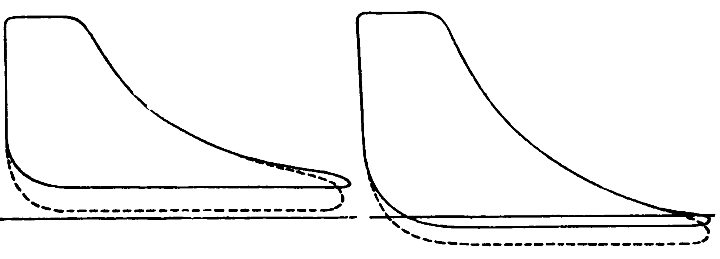


Fig. 113—114.

Fig. 113—114 zeigt einen undichten Kolben an, wodurch der Gegendruck vergrößert wird.

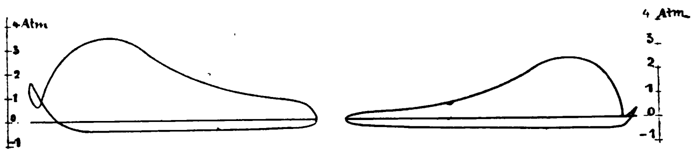


Fig. 115—116. Schlechte Indikatorfiguren einer Dampfmaschine.

Die beiden Figuren 115—116 stammen von einer neuen Dampfmaschine, deren Abnahmeprüfung durch die Versuchs- und Lehranstalt für Brauerei bewirkt wurde. Aus den Figuren ist zu ersehen, daß der Dampf zu spät eintritt, gedrosselt wird und der Kondensator ein schlechtes Vakuum erzeugt.

Durch den Indikator werden auch Fehler an dem Kühlmaschinen-

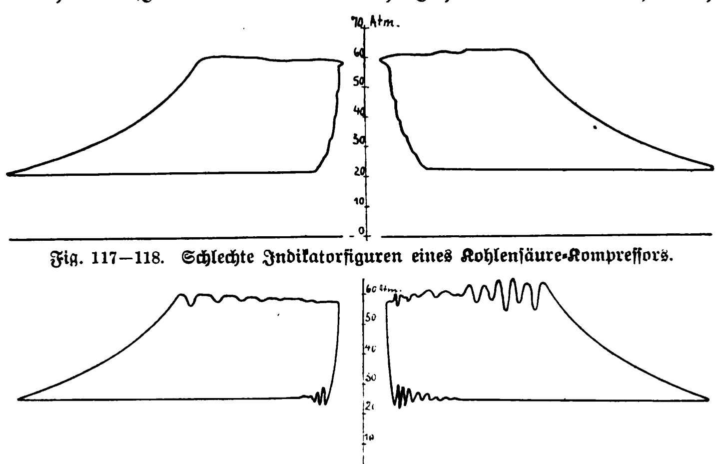


Fig. 117—118. Schlechte Indikatorfiguren eines Kohlensäure-Kompressors.

Fig. 119—120. Gute Indikatorfiguren eines Kohlensäure-Kompressors.

kompressor aufgedeckt, die beiden oberen Figuren 117—118 zeigen Fehler an einem neuen Kohlensäurekompressor: undichte Druck- und Saugventile und

großen schädlicher Raum. Die beiden unteren Figuren 119—120 von derselben Maschine sind aufgenommen, nachdem die Fehler beseitigt waren.

12. Vertrags-Entwurf für Beschaffung einer Dampfmaschine.

Zwischen der Brauerei . . . . und der Maschinenfabrik . . . . ist heute folgender Vertrag geschlossen:

1. Die Brauerei überträgt der Fabrik und letztere übernimmt die Lieferung, Aufstellung und Inbetriebsetzung einer neuen Dampfmaschine nach dem Kostenanschlage vom . . . Die Dampfmaschine ist von der Fabrik zu dem vereinbarten Preise fertig betriebsfähig herzustellen, also einschließlich Transport und Montage sowie aller Rohre für Dampf und Dampfwasser innerhalb des Maschinenraumes, sowie der dazu gehörigen Wasserabscheider und Kondenstöpfe, ferner Schmierpumpe, Central-Schmiervorrichtung für die Kurbel und alle sonstigen Schmiervorrichtungen, die während des Stillstandes abgestellt werden können, Oelfänger, Schutzgeländer, Abdeckungsplatten der Kanäle für die Dampfrohre u. s. w., so daß irgend welche Nachrechnung ausgeschlossen ist. Die Reise, den Unterhalt und die Besoldung der Monteure oder Ingenieure hat die Fabrik zu bezahlen, jedoch gewährt die Brauerei denselben hierauf Vorschüsse bis zu der von der Fabrik angegebenen Höhe. Während der Aufstellung wird seitens der Brauerei für jeden Monteur ein Hülfsmann gestellt, nur zum Transport schwerer Gegenstände, welche nicht von zwei Mann bewältigt werden können, stellt die Brauerei vorübergehend die hierzu erforderlichen Hülfsmannschaften. Das Werkzeug dagegen, Winden, Ketten u. s. w., hat die Fabrik zu stellen ohne besondere Vergütung; dieselbe übernimmt auch die Verantwortlichkeit für die Güte der Werkzeuge und deren richtige Handhabung. Die Transportkosten für die Werkzeuge von der Fabrik zur Brauerei und umgekehrt trägt die Brauerei. Alles Material, welches sonst zur Aufstellung gebraucht wird, hat die Fabrik ebenfalls zu stellen, also auch das Putz-, Schmier- und Löthmaterial einschließlich der Holz- und Schmiedekohlen und die etwa nothwendig werdende Beleuchtung, soweit nicht etwa eine allgemeine Raumbeleuchtung vorhanden ist, deren Benutzung der Fabrik kostenlos zusteht. Für Verbrauch oder Verlust von Werkzeug wird der Fabrik keine Entschädigung gewährt, jedoch muß die Brauerei den Monteuren verschließbare Räume zur Unterbringung von Werkzeugen zur Verfügung stellen und auch für sicheren Verschluß derjenigen Räume sorgen, in denen montirt wird. Zum Transport der Gegenstände von der Eisenbahn zur Baustelle stellt die Brauerei außer den erforderlichen Hülfsmannschaften Pferd und Wagen; werden aber Wagen von mehr als 5000 kg Tragfähigkeit gebraucht, so hat diese die Fabrik ohne besondere Entschädigung zu stellen. Die Transportkosten für diesen Wagen werden von der Brauerei

getragen. Der Transport zur Baustelle geschieht unter Verantwortung der Fabrik, solange den Anordnungen des Monteurs Folge geleistet wird. Das erforderliche Rüstzeug besorgt die Fabrik auf ihre Kosten, dagegen trägt die Brauerei die für den Transport des Rüstzeuges erwachsenden Kosten.

2. Die Anlieferung der Hauptgegenstände, soweit dieselben zum Beginn der Montage erforderlich sind, hat bis zum . . . . zu erfolgen, so daß von diesem Tage an mit der Aufstellung begonnen werden kann. Die weiteren Lieferungen müssen derart bewirkt werden, daß die Montage keine Unterbrechung erleidet. Die Brauerei versichert die Lieferungsgegenstände unmittelbar nach erfolgter Ankunft dem Kostenanschlage entsprechend gegen Feuerschaden. Die Zeichnungen für die Fundamente und Rohrkanäle müssen spätestens drei Wochen vor diesem Termin in den Händen der Brauerei sein. Die betriebsfähige Fertigstellung der Maschine ist bis zum . . . . zu bewirken. Aufschub ist nur gestattet durch nachgewiesene Hinderungsgründe, auf deren Beseitigung die Fabrik keinen Einfluß hat. Für je einen Tag späterer Lieferung oder Fertigstellung wird von dem Kaufpreise für die ersten 14 Tage 0,1 Procent, für jeden Tag der folgenden Zeit 0,2 Procent der Abschlußsumme in Abzug gebracht ohne Nachweis des entstandenen Schadens. Vorausgesetzt wird hierbei, daß die baulichen Anlagen bis zum . . . soweit fertig gestellt sind, daß der Montage keine Hindernisse entstehen. Die Räume, in denen montirt werden soll, müssen zu Beginn der Aufstellung mit verglasten Fenstern, außerdem mit Thüren und Treppen versehen sein. Die Maschinenfundamente müssen ebenfalls fertig sein und abgebunden haben. Andernfalls wird der Fertigstellungstermin um eine entsprechende Zeit verschoben. Dieser Termin muß seitens der Fabrik der Brauerei, sobald die Bauhindernisse überwunden sind, durch eingeschriebenen Brief angezeigt werden. Sollten die Fundamente von der Zeichnung, welche die Fabrik geliefert hat, abweichen, so daß die Dampfmaschine nicht ohne Aenderung darauf montirt werden kann, oder sollte das Fundament im Ganzen eine fehlerhafte Lage haben, so muß dasselbe auf Kosten der Brauerei abgeändert bezw. erneuert werden, und gelten die für die Bauverzögerung angegebenen Maßnahmen. Sollten jedoch in der Fundamentzeichnung Fehler enthalten und die Fundamente danach gebaut sein, so geschieht die Aenderung der fertigen Fundamente auf Kosten der Fabrik und wird für die Verzögerung weder eine Entschädigung bezahlt, noch der Fertigstellungstermin hinausgeschoben. Die Anlieferung der Maschinenteile hat jedoch auch bei einer Bauverzögerung, welche die Bauerei verschuldet, am Lieferungstage zu erfolgen, widrigenfalls der Abzug in Kraft tritt, wenn hierüber keine neue Einigung betreffend späterer Lieferung getroffen ist Sollten die Monteure der Fabrik durch eine von der Brauerei verschuldete Bauverzögerung, die der Fabrik nicht rechtzeitig angezeigt worden ist, nicht arbeiten können, so wird seitens der Brauerei für jeden Mann und Tag

Mark . . . . bezahlt. Ebenso werden Reisekosten der Monteure von der Brauerei bezahlt, wenn diese nochmals wegen Bauverzögerungen nach Hause fahren müssen.

3. Die Fabrik verpflichtet sich zu allen Theilen der Dampfmaschinenanlage nur bestes und dem jeweiligen Zwecke entsprechendes Material zu verwenden; es werden gehärtete Kolbenstangen gefordert. Die Maschinentheile müssen den Regeln der Maschinentechnik entsprechend gebaut werden, auf das dauerhafteste und zugleich eleganteste gearbeitet sein. Für die Güte des Materials und der Ausführung übernimmt die Fabrik eine Garantie von 1 Jahr in der Weise, daß sie sich verpflichtet, alle in diesem Zeitraum von dem Tage der Inbetriebsetzung an gerechnet sich ergebenden Mängel, sofern dieselben auf schlechtes Material, Bauart und Ausführung zurückzuführen sind, sofort und kostenlos zu beseitigen oder fehlerhafte Theile durch tadellose zu ersetzen; ein Anspruch der Brauerei auf anderweitigen Schadenersatz, sowie auf Entschädigung für entgangenen Gewinn wird ausgeschlossen. Falls die Beseitigung von Mängeln oder der Austausch fehlerhafter Theile Betriebsstörungen veranlaßt, behält sich die Brauerei das Recht vor, die Zeit der Betriebsunterbrechung zu bestimmen. Kommt die Fabrik dieser Garantieverpflichtung nicht in einer angemessenen Frist nach, so ist die Brauerei berechtigt, die nöthigen Verbesserungen oder Neuherstellungen durch eine andere Firma auf Kosten der Fabrik vornehmen zu lassen. Reisen der Monteure bezw. Ingenieure der Fabrik, welche durch Unkenntniß bei der Handhabung der gelieferten Maschine entstehen, bezahlt die Brauerei.

4. Ueber die Bauart, den Dampfverbrauch, die Abmessungen und den Gleichförmigkeitsgrad der Dampfmaschine wird Folgendes vereinbart:

Die Maschine wird ausgeführt nach dem . . . . System mit . . . . . . Cylindern und . . . . Kondensation für eine Normalleistung von . . . . indiz. Pferden mit . . . . Steuerung.

Es beträgt:

Der Cylinderdurchmesser	cm
„ Hub	m
Die Drehungszahl in der Minute	
Das Gewicht der Maschine ohne Schwungrad	kg
„ „ des Schwungrades	kg
„ „ „ Kondensators	kg
Der Antrieb des Regulators erfolgt durch .	

Die Maschine gebraucht an trockenem Dampf für das indiz. Pferd in der Stunde . . . kg bei einer Leistung von . . . indiz. Pferden, bei . . . v. H. Füllung, und einer Dampfspannung von . . . Atm. Ueberdruck im Kessel.

Als trocken soll der Dampf gelten, wenn einem Großwasserraumkessel bei der Bestimmung des Dampfverbrauches nicht mehr als 18 kg Dampf,

einem Röhrenkessel nicht mehr als 14 kg Dampf auf einem Quadratmeter Heizfläche in der Stunde entnommen werden.

Da eine Belastung der Maschine bis zu der Normalleistung während des Abnahmeversuches voraussichtlich nicht wird stattfinden können, so wird ein Dampfverbrauch für die indizirte Pferdekraft in der Stunde für die folgenden geringeren Leistungen resp. Füllungen garantirt:

. . kg Dampf für 1 indiz. Pferd und Stunde bei . . . . Pferden . . v. H. Füllung
. . " " " " " " " " . . . . " . . " " "
. . " " " " " " " " . . . . " . . " " "
. . " " " " " " " " . . . . " . . " " "

Ergiebt die Belastung der Maschine bei den Versuchen eine mittlere Leistung, welche mit keinem der vertraglich festgelegten Werthe zusammenfällt, so wird der Dampfverbrauch unter Zugrundelegung der Garantiezahlen auf die während des Versuches sich ergebende Leistung durch Interpoliren umgerechnet. Die Leerlaufarbeit der Maschine darf nicht mehr als . . . v. H. der indizirten Normalleistung betragen.

Wird der Abdampf der Maschine zur Erzielung einer Luftleere hinter dem Kolben kondensirt, so beziehen sich die obigen Abmachungen auf eine Kühlwassermenge von . . . cbm stündlich bei einer Anfangstemperatur von . . . Grad C.

Die Maschinenfabrik hat die Pflicht, nach vorheriger Information bezüglich des Kühlwassers wie auch mit Rücksicht auf die Dampfspannung im Kessel nur solche Forderungen zu stellen, welche entsprechend den örtlichen Verhältnissen eingehalten werden können.

Der Gang der Maschine muß gleichmäßig sein; bei Belastungsänderungen von Vollast auf Leerlauf ist in der Drehungszahl eine Zunahme von höchstens 5 v H. zulässig.

Sollte der Dampfverbrauch oder die Leerlaufarbeit der Maschine sich höher stellen, als in der Garantie angegeben, so wird von der Schlußsumme der Rechnung ein Abzug gemacht, welcher dem Minderwerth der Maschine entspricht, ausgedrückt durch den Dampfverbrauch. Dieser Dampfmehrverbrauch wird festgelegt für die Zeit von zehn Jahren; das Jahr zu 3000 Betriebsstunden und 100 kg Dampf zu 30 Pfennigen gerechnet.

5. Zum Nachweise der Garantieabmachungen sollen innerhalb der ersten drei Monate nach Inbetriebsetzung der Maschine unter Aufsicht von Ingenieuren der Versuchs- und Lehranstalt für Brauerei in Berlin Abnahme-Versuche gemacht werden, und gelten hierfür im Allgemeinen die Bestimmungen, welche seitens des Vereins deutscher Ingenieure hierüber vorgeschrieben sind.

Die Kosten, welche durch die Ueberwachung der Versuche durch die Beamten der Versuchs- und Lehranstalt für Brauerei entstehen, trägt die Brauerei, wenn die Garantien erfüllt werden, dagegen die Fabrik, wenn die Garantien nicht erfüllt werden. Im Uebrigen tragen beide Parteien

ihre Kosten selbst. Sollten die Garantien nicht erfüllt werden, wird der Fabrik das Recht eingeräumt, Verbesserungen oder Aenderungen an der Dampfmaschine auf ihre Kosten vorzunehmen, wozu der Betrieb jedoch so wenig wie möglich gestört werden darf. Die Versuche nach der Veränderung sind als maßgebend für die event. Abzüge bezw. Erfüllung der Garantie zu bezeichnen. Die Kosten für die Ueberwachung der zweiten Versuche werden bei Erfüllung der Garantie von der Brauerei, bei Nichterfüllung von der Fabrik getragen.

Das Urtheil der Versuchs- und Lehranstalt für Brauerei wird sowohl für die Garantien, als auch für die sonstigen Ausführungen der Anlage als maßgebend angesehen; beide Parteien unterwerfen sich der getroffenen Entscheidung. Streitigkeiten, welche sich nicht auf technische Fragen beziehen, werden dem Gericht zur Entscheidung übergeben; dasjenige Gericht, in dessen Bezirk die Brauerei liegt, soll als zuständig angesehen werden.

Die Stempelkosten des Vertrages tragen beide Parteien zu gleichen Theilen.

Die Zahlungen leistet die Brauerei an die Fabrik in vier Raten:

1. Ein Drittel der Schlußsumme des Anschlages spätestens 8 Tage nach Unterzeichnung dieses Vertrages.
2. Ein Sechstel spätestens 8 Tage nach Anlieferung der Haupttheile der Anlage.
3. Ein Sechstel spätestens 8 Tage nach erfolgter Inbetriebsetzung.
4. Den Rest 3 Monate nach Inbetriebsetzung der Anlage, nachdem die Erfüllung des Vertrages in allen Stücken nachgewiesen oder die Prüfung der Anlage ohne Schuld der Fabrik noch nicht vorgenommen ist. Hat bis zu diesem Termine durch Verschulden der Fabrik eine Prüfung der Anlage nicht stattgefunden, oder sind etwa erforderliche Verbesserungen bis dahin noch nicht ausgeführt, so ist die Brauerei berechtigt, 15 Procent der Abschlußsumme bis zur endgiltigen Abnahme einzubehalten. Wenn ein Austausch einzelner Theile der Lieferung nothwendig ist, wird die entsprechende Summe, welche im Kostenanschlage angegeben ist, zurückbehalten, und außerdem die 15 Procent der Abschlußsumme. Wird das erste Drittel später bezahlt, so verschieben sich entsprechend die Termine für Lieferung und Fertigstellung, werden die übrigen Beträge später bezahlt, so kommt vom Fälligkeitstermin an eine Verzinsung von 5 Procent hinzu. Als Erfüllungsort gilt der der Brauerei.

Von dem Vertrage sind zwei gleichlautende Exemplare ausgefertigt, von jeder Partei unterschrieben und jeder eins derselben ausgehändigt.

Unterschriften der Brauerei und der Fabrik mit Ort und Datum:

Kühlmaschine.

1. Allgemeines.

Zur Ueberführung eines Körpers von seinem festen Zustand in seinen flüssigen oder von seinem flüssigen in seinen gasförmigen wird Wärme gebraucht, diese Wärme wird der nächsten Umgebung entzogen, welche dadurch abgekühlt wird.

Wenn Eis in einem Keller schmilzt, also aus dem festen in den flüssigen Zustand übergeht, gehört dazu Wärme — je 1 kg Eis gebraucht zum Schmelzen 79 W.-E. — Diese Wärme wird der Kellerluft entzogen, wodurch letztere abgekühlt wird.

Wenn ein mit Wasser benetzter menschlicher Körpertheil trocknet, das Wasser in Gasform übergeht, so gebraucht das Wasser dazu Wärme, dieselbe wird zum Theil dem Körper, also dem Blut entzogen, und man empfindet Kälte. Wenn der Körpertheil mit Spiritus benetzt war, verdampft dieser in der Zeiteinheit schneller, weil sein Siedepunkt niedriger liegt als der des Wassers, die Wärmeentziehung ist stärker, man empfindet mehr Kälte. Schon empfindlich ist die Wärme, die dem Blute entzogen wird, wenn Aether auf der Hand verdampft, und es entstehen bei der Verdampfung von flüssigem Ammoniak auf der Haut Frostbeulen.

Unter Atmosphärendruck, also bei 0 Atm. Ueberdruck siedet

Wasser	bei	+ 100°
Alkohol	„	+ 79°
Aether	„	+ 35°
schweflige Säure . .	„	− 10°
Ammoniak	„	− 33°
Kohlensäure . . .	„	− 80°

Läßt man die Verdunstung einer Flüssigkeit in einer Rohrschlange geschehen und legt die Rohrschlange in ein Wasserbad, so wird dem Wasser die zum Verdampfen der Flüssigkeit in der Rohrschlange nothwendige

Wärme entzogen, das Wasserbad wird also abgekühlt. Es ist dies genau derselbe Vorgang, wie bei jeder Heizung. Die Heizflüssigkeit bildet das Wasserbad (Salzwasser), dieses heizt die in der Rohrschlange befindliche Flüssigkeit, bringt sie also zum Verdampfen und giebt dazu Wärme ab. Bei einem Dampfkessel geben die Heizgase an die Flüssigkeit im Kessel, das Wasser, Wärme ab, bringen es zum Verdampfen und werden selbst abgekühlt. —

Für die Kühlmaschine wählt man als Verdampfungsflüssigkeit einen Stoff, der unter 0° siedet, und wird dadurch die Heizflüssigkeit, das die Rohrschlangen umgebende Wasser, bis unter 0° abgekühlt und kommt zum Gefrieren. Um das unter 0° abgekühlte Wasser durch Pumpen nach dem Keller schaffen zu können, wird es künstlich durch Zusatz von einem Salz flüssig erhalten, welches je nach der zugesetzten Menge das Wasser weit unter 0° flüssig erhält.

Durch den Zusatz von Salz ändert sich das spezifische Gewicht der Salzlösung, 1 Liter wiegt mehr als 1 kg, und ebenso ändert sich die spezifische Wärme, 1 kg Salzwasser gebraucht weniger als 1 W.-E um je auf 1° erwärmt oder abgekühlt zu werden.

1 kg Lösung enthält kg Salz	Gefrierpunkt °C.			1 Liter wiegt bei 15–18°			1 kg gebraucht zur Erwärmung bz. Abkühlung um je 1° C.		
	Kochsalz	Chlor-calcium	Chlor-magnesium	Kochsalz kg	Chlor-calcium kg	Chlor-magnesium kg	Kochsalz W.-E.	Chlor-calcium W.-E.	Chlor-magnesium W.-E.
0,5	- 3,8	- 2,5	– 3,5	1,035	1,041	1,042	0,945	0,936	0,927
0,10	- 7,4	– 5,6	– 7,6	1,071	1,084	1,086	0,991	0,871	0,861
0,15	– 11,6	– 9,6	– 15,0	1,109	1,129	1,131	0,852	0,808	0,803
0,20	– 14,4	– 14,8	– 20,5	1,148	1,767	1,178	0,813	0,754	0,748
0,25	– 17,7	– 22,1	– 31,0	1,190	1,226	1,227	0,783	0,730	0,690

Soll Eis gebildet werden, hängt man mit Brunnenwasser gefüllte Blechzellen in das unter 0° abgekühlte Salzwasserbad ein, diesem Wasser wird dann so viel Wärme entzogen, daß es zu Eis erstarrt. Die in dem Gefrierwasser enthaltene Luft, welche mit einfriert, läßt das Kunsteis weiß erscheinen. Aus Brunnenwasser vollständig krystallklares Kunsteis zu erzeugen ist bisher nicht gelungen, nur aus destillirtem Wasser hergestelltes Eis wird krystallhell. Den Kältebedarf zur Eisbildung siehe Seite 24.

Als Verdampfungsflüssigkeit werden benutzt:
Wasser,
Ammoniak,
Kohlensäure,
schweflige Säure.

Die Siedetemperatur der Flüssigkeiten ist von dem Druck abhängig, bei dem die Umwandlung der Stoffe aus dem flüssigen in den gasförmigen Zustand vor sich geht. Bei höherem Druck steigt der Siedepunkt, bei niedrigerem Druck fällt er.

Temperatur °C.	Ueberdruck in Atm. (Manometeranzeige)			
	Wasser	Ammoniak	Kohlensäure	schwefl. Säure
−20	−0,9987	0,90	19,30	−0,248
−15	−0,9981	1,37	22,50	−0,174
−10	−0,9971	1,92	26,10	0,037
− 5	−0,9958	2,58	30,00	0,287
0	−0,9937	3,35	34,40	0,584
+ 5	−0,9911	4,24	39,30	0,932
+10	−0,9875	5,27	44,70	1,234
+15	−0,9827	6,45	50,60	1,281
+20	−0,9764	7,79	57,10	2,347
+25	−0,9680	9,31	64,40	2,964
+30	−0,9572	11,01	72,10	3,666

Der verdampfte Stoff, nachdem er durch den Uebergang aus dem flüssigen in den gasförmigen Zustand dem umgebenden Salzwasser Wärme entzogen hat, muß wieder verflüssigt werden, damit er von Neuem zum Verdampfen benutzt werden kann.

Hierzu wird das Gas auf einen so hohen Druck gebracht und damit wird seine Temperatur so hoch gesteigert, daß sie über der des zur Verfügung stehenden Brunnenwassers liegt, dieses also Wärme aufnehmen kann. Durch die Wärmeabgabe des Gases wird es flüssig. Man sieht aus vorstehender Tabelle, je höher die Brunnenwassertemperatur — und dadurch die Verflüssigungstemperatur des Gases ist — um so höher ist auch der Ueberdruck, auf welchen die Gaspumpe — bei Kompressionsmaschinen — das Gas zusammen zu pressen hat; um so höher ist der Widerstand vor dem Kolben der Gaspumpe und dadurch der Kraftaufwand, den dieser erfordert.

Andererseits ist aus der Tabelle zu ersehen: Je tiefer die Temperatur des Salzwassers ist und dadurch die Temperatur des verdampfenden Gases — die gewöhnlich ungefähr 7° tiefer liegt, als die Temperatur des Salzwassers — ein um so geringerer Ueberdruck muß im Verdampfer gehalten werden. Je geringer aber diese Spannung ist, desto weniger wiegt eine Raumeinheit dieses Gases. Also z. B. wiegt eine Cylinderfüllung Ammoniakgas bei — 15° um das 1,92 : 1,37fache weniger als bei — 10°. Füllt sich daher bei jedem Kolbenhube der Cylinder mit Gas von — 15°, das eine Spannung von 1,37 Atm. hat, so erhält man, nachdem diese Menge komprimirt und verflüssigt ist, ein geringeres Gewicht Kälteflüssigkeit, als wenn es mit — 10° bei 1,92 Atm. im Verdampfer arbeitet. Steht aber in der Zeiteinheit ein geringeres Gewicht Kälteflüssigkeit zur Verdampfung zur Verfügung, so kann man damit auch nur eine entsprechend geringere Kältemenge erzeugen. Hieraus folgt: Je tiefer man die Salzlösung abkühlt, desto geringer wird die Leistung der Maschine.

2. Kompressionsmaschine.

Die Verflüssigung des Gases, welches aus dem Verdampfer austritt, geschieht dadurch, daß dasselbe mit Hilfe einer doppelt wirkenden Gaspumpe — Kompressor — auf einen so hohen Druck gebracht, also die Verflüssigungstemperatur so geregelt wird, daß sie noch etwas über der Temperatur liegt, welche in dem vorhandenen Brunnenwasser zur Verfügung steht: der Druck muß genügen, um das auf diese Temperatur abgekühlte Gas aus dem gasförmigen wieder in den flüssigen Zustand überzuführen, d. h. zu kondensiren.

Die gebundene Wärme der Flüssigkeiten, welche nothwendig ist, um letztere in Gasform überzuführen — zu verdampfen —, wird also dem Salzwasser im Verdampfer entzogen, und umgekehrt: die gebundene Wärme, welche der Stoff zum Uebergang aus dem gasförmigen in den flüssigen Zustand abgeben muß, nimmt das Brunnenwasser in dem Kondensator auf, welches also entsprechend wärmer abfließt.

Das Ammoniakgas heizt das Kühlwasser, indem es sich verflüssigt, wozu der Kompressor das Gas auf eine so hohe Spannung zusammenpreßt, daß seine Verflüssigungstemperatur etwa 4° über der Temperatur des ablaufenden Kühlwassers liegt.

Aus dem Kondensator, in welchem stets ein höherer Druck herrscht als im Verdampfer, läßt man durch geringes Oeffnen des Regulirventils eine bestimmte Menge Kälteflüssigkeit nach dem Verdampfer überströmen. Diese Menge muß so groß sein, daß sie, nachdem sie im Verdampfer sich in Gas verwandelt hat, dieses grade vom Kompressor abgesaugt wird. Ist das Regulirventil zu weit geöffnet, strömt Flüssigkeit mit in den Kompressor, —

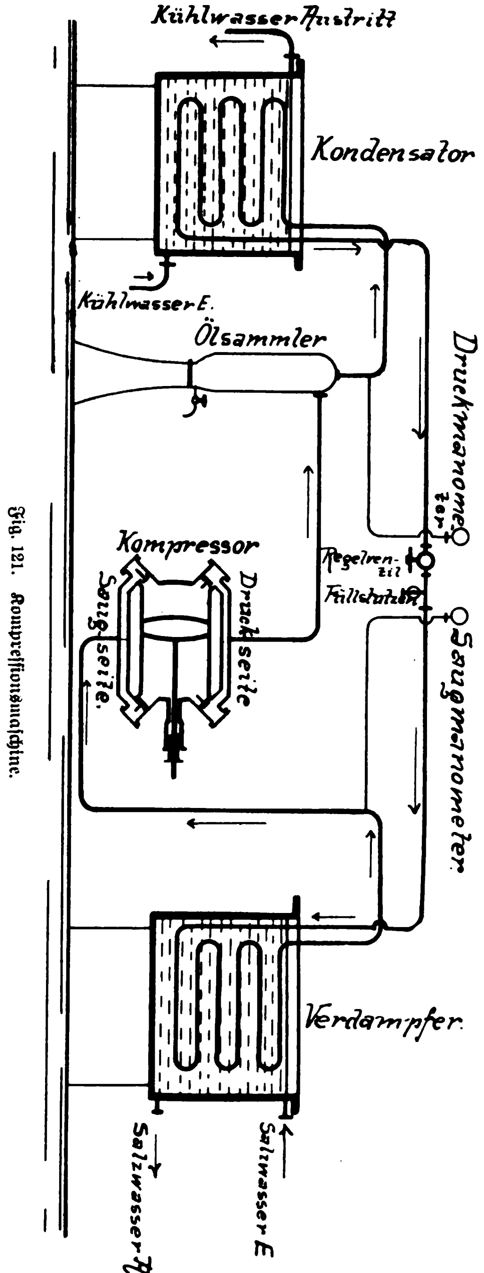


Fig. 121. Kompressionsmaschine.

Die Druckrohre sind kalt — ist das Ventil zu wenig geöffnet, wird das trockene Gas überhitzt, — die Druckrohre sind heiß. — Es ist vortheilhafter mit warmen als mit kalten Druckröhren zu arbeiten.

Eine Kompressionskühlmaschine besteht aus drei Apparaten, 1. Verdampfer, 2. Kompressor, 3. Kondensator.

In den Kompressionsmaschinen wird als Verdampfungsflüssigkeit fast allgemein Ammoniak benutzt, wenige Maschinenfabriken benutzen Kohlensäure und einige auch schweflige Säure.

Der Stoff wird als der geeignetste zu bezeichnen sein, welcher die höchste Verdampfungswärme hat, das ist die Wärmemenge, welche nothwendig ist, um 1 kg des Stoffes in Gasform zu verwandeln, und welcher die geringste Flüssigkeitswärme mit in den Verdampfer hineinbringt, das ist die Wärmemenge, welche je 1 kg der Flüssigkeit zunächst entzogen werden muß, um es auf die Temperatur zu bringen, bei der es im Verdampfer sich in Gas verwandeln soll.

Für eine Temperatur von — 10° innerhalb der Verdampferschlange und + 20° innerhalb der Kondensatorschlange gelten folgende Zahlen:

	Ammoniak	Kohlensäure	Schweflige Säure
Ueberdruck in Atm. im Verdampfer .	1,92	26,1	0,037
„ „ „ „ Kondensator .	7,79	57,1	2,347
Verdampfungswärme im Verdampfer in W.-E. für je 1 kg	322,3	61,47	93,44
Mitgebrachte Flüssigkeitswärme in W.-E. für je 1 kg.	27,5	17,82	9,84
Nutzbare Kälteleistung für je 1 kg . .	294,8	43,65	83,60
Für 100 000 W.-E. stündlicher Kälteleistung muß umlaufen . . . . kg	399	2300	1200
Stündlicher Hubraum des Kompressors für 100 000 W.-E. . . . . . . cbm	146	32,8	394

Der Arbeitsverbrauch des Kompressors hängt von dem zu überwindenden Druck des Gases und von der Menge desselben ab, welche auf diesen Druck für eine bestimmte Kälteleistung in der Zeiteinheit gebracht werden muß. Ferner hängt er ab von dem Verhältniß der Verdampfungswärme zur nutzbaren Kälteleistung. Derselbe wird außerdem bei gleich guter Ausführung der verschiedenen Maschinen in gleichem Verhältniß durch den Widerstand in den Ventilen vermehrt;

	Ammoniak	Kohlensäure	Schweflige Säure
Für 100 000 W.-E. werden gebraucht: indizirte Kompressorpferde	21,0	27,1	21,5
1 indizirtes Kompressorpferd leistet Kälte in . . . . W.-E.	4800	3700	4650

Wird die zur Kälteleistung benutzte Flüssigkeit, ehe sie in den Verdampfer gelangt, künstlich von 20° auf 10° abgekühlt, so daß die nach dem Verdampfer mitgebrachte Flüssigkeitswärme geringer wird und das Verhältniß der Verdampfungswärme zur nutzbaren Kälteleistung günstiger wird, so bestehen folgende Zahlen:

	Ammoniak	Kohlensäure	Schweflige Säure
Für 100000 W.-E. werden gebraucht: indizirte Kompressorpferde	20,4	23,3	20,7
1 indizirtes Kompressorpferd leistet Kälte in . . . . W.-E.	4900	4300	4820

Für Ammoniak- und Schwefligsäure-Maschinen hat die nachträgliche Abkühlung der Flüssigkeit — die sogenannte Unterkühlung — einen geringen, für Kohlensäuremaschinen einen sehr hohen Werth, und wird hierdurch erst die letztere mit den beiden ersteren Maschinen konkurrenzfähig.

Anderseits hat die Kohlensäuremaschine, namentlich vor der Schwefligsäure- und auch vor der Ammoniakmaschine, verschiedene Vortheile, namentlich treten bei dieser wegen der guten Lederdichtung des Kolbens geringere innere Undichtheiten auf, so daß man annehmen kann, daß zwischen den einzelnen Kühlmaschinensystemen theoretisch keine nennenswerthen Unterschiede in dem aufzuwendenden Arbeitsbedarf und der nutzbaren Kälteleistung bestehen, dieselben also als gleichwerthig zu bezeichnen sind.

Praktischer Arbeitsverbrauch und Kühlwasserbedarf der Kompressions-Maschinen.

Stündliche Leistung zwischen −5 und −2° im Salzwasser gemessen W.-E.	Arbeitsverbrauch indizirte	Arbeitsverbrauch effektive	Stündlicher Kühlwasserbedarf bei +10° Anfangstemperatur in Litern	Annähernder Preis der Maschine für Riemenantrieb Mk.
	Kompressorpferde			
5 000	2,0	2,5	625	4 400
7 500	3,0	3,5	950	5 300
10 000	4,0	4,5	1 300	6 000
15 000	5,5	6,0	1 900	8 000
20 000	6,5	7,5	2 500	9 300
30 000	9,5	10,5	3 800	12 500
40 000	12,0	13,5	5 200	15 000
50 000	15,0	16,5	6 500	16 500
60 000	18,0	20,0	7 500	19 500
80 000	24,0	27,0	10 000	24 500
100 000	30,0	34,0	12 500	28 500
150 000	42,5	47,0	19 000	38 000

Ist das Kühlwasser wärmer als + 10°, so steigt der Arbeitsverbrauch und die Kühlwassermenge für je 1° um 4 v. H. Die Leistung sinkt für je 1° wärmeres Wasser um 0,75 v. H.

Bei Anwendung von Berieselungskondensatoren ermäßigt sich die Kühlwassermenge für den Kondensator auf 35 bis 40 v. H. und kann derselbe bis auf 10 v. H. der angegebenen Menge vermindert werden. Die Oberfläche des Kondensators muß für wenig Kühlwasser vergrößert werden und wird der Preis für denselben dementsprechend höher.

Einzelne Maschinenfabriken übernehmen eine höhere, andere eine niedrige Garantie. Die angegebenen Zahlen stellen Mittelwerthe dar, die in der Praxis erreicht werden.

3. Absorptionsmaschine

Ehe die Ammoniak-Kompressionsmaschine zur Einführung gelangte, benutzte man viel Absorptionsmaschinen, und verwendete dazu ausschließlich Ammoniak, weil Ammoniakgas die Fähigkeit hat, in großen Mengen vom Wasser aufgesaugt, absorbirt zu werden. 1 kg Wasser von + 20° absorbirt 0,5 kg Ammoniakgas.

Das aus dem Verdampfer strömende Ammoniakgas — derselbe ist genau wie der der Kompressionsmaschinen gebaut — wird von dem Wasser im Aufsauger absorbirt, es entsteht eine nahezu gesättigte Ammoniaklösung. Wasser kann um so mehr

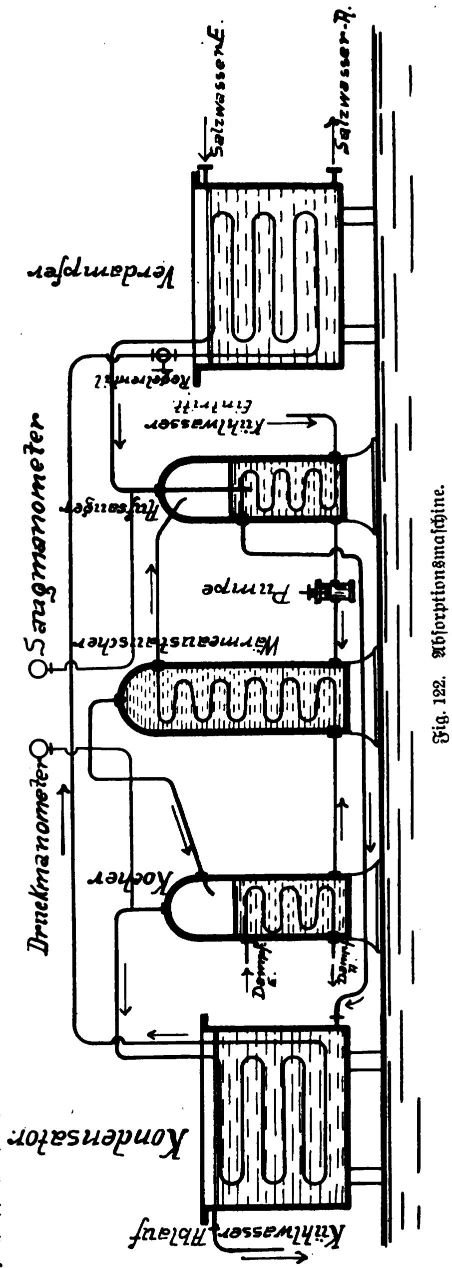


Fig. 122. Absorptionsmaschine.

Ammoniakgas aufnehmen, je kälter es ist, und wird deshalb das Wasser in dem Aufsauger gekühlt, wodurch auch gleichzeitig die Absorptionswärme abgeführt wird.

Das kalte, starke Ammoniakwasser wird durch eine Pumpe durch den Wärmeaustauscher in den Kocher gepumpt. In dem Wärmeaustauscher wird es vorgewärmt und in dem Kocher mittelst einer Dampfheizung ausgekocht, wodurch die Ammoniakgase ausgeschieden und mit einem bestimmten Druck — entsprechend der Temperatur des Kühlwassers — nach dem Kondensator geleitet werden. Der Kondensator hat ebenfalls genau die Bauart der Kompressionsmaschinen. In dem Kondensator werden die Ammoniakgase durch Entziehung von Wärme, welche das Kühlwasser abführt, verflüssigt, und strömt die Flüssigkeit durch das Regulirventil wieder nach dem Verdampfer zurück.

Das heiße, ausgekochte, also ammoniakarme Wasser aus dem Kocher fließt durch das vorhin erwähnte Wärme-Austauschgefäß nach dem Aufsauger zurück und giebt in dem Austauschgefäß einen Theil seiner Wärme an das kalte und starke Ammoniakwasser ab.

Die Absorptionsmaschinen gebrauchten früher im Vergleich zu den Kompressionsmaschinen viel Dampf und viel Kühlwasser und wurden deshalb von diesen fast vollständig verdrängt. Auch nachdem Rud. Habermann-Berlin wesentliche Verbesserungen an der Absorptionsmaschine durchgeführt hatte, konnten diese das gewonnene Vorurtheil der Praktiker gegen die Ammoniakabsorptionsmaschine bis jetzt noch nicht wieder beseitigen. Die Vortheile der Habermann'schen Maschine beziehen sich auf die Bauart des Aufsaugers und Kochers, wobei der Gegenstrom in weitgehendstem Maße angewendet ist. Große Eisfabriken, z B. die Norddeutschen Eiswerke in Berlin, benutzen diese Maschinen immer noch mit Vorliebe. Für kleine Ausführungen ist die Absorptionsmaschine durch die Kompressionsmaschine überflügelt.

Die Hallesche Maschinenfabrik und Eisengießerei in Halle a. S. garantirt unter normalen Betriebsbedingungen bei Abkühlung des Salzwassers auf — 5° für ihre Kühlmaschinen eine Leistung von:

bei	105 000	bis	140 000	W.-E.	stündl.	Leistung	= 320	W.-E.	für	1	kg	Dampf,
„	210 000	„	350 000	„	„	„	= 340	„	„	1	„	„
„	700 000			„	„	„	= 360	„	„	1	„	„

Das ist mehr als die bis jetzt bekannt gewordenen besten Meßergebnisse an Kompressionsmaschinen. Die erforderliche Dampfspannung ist 4 Atm. Ueberdruck.

4. Wasserdampfmaschine.

Die Wasserdampf- oder Vakuumkühlmaschine ist ebenfalls vor der Kompressionsmaschine von Windhausen gebaut worden, hat aber niemals eine nennenswerthe Anwendung gefunden. Neuerdings ist die Maschine von Lange in Zeitz vollständig umgebaut und in einer Brauerei in Betrieb gebracht.

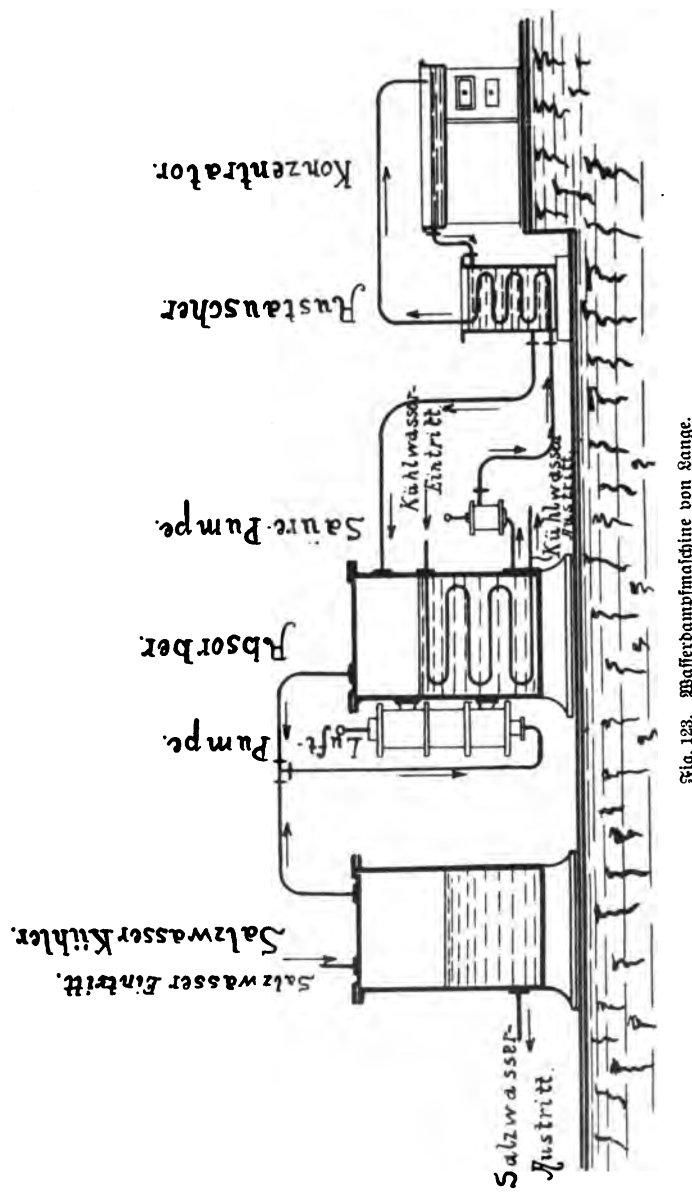


Fig. 123. Wasserdampfmaschine von Lange.

Die Lange'sche Wasserdampfkühlmaschine kühlt das Salzwasser dadurch ab, daß ein Theil desselben unter sehr hohem Vacuum, also entsprechend tiefer Temperatur, verdampft wird. Die starke Luftverdünnung in dem Salzwasserkühler wird durch eine Luftpumpe erzeugt und erhalten. Die Wasserdämpfe aus dem Kühler gelangen in den Auffauger oder Absorber, wo sie von der darin befindlichen konzentrirten Schwefelsäure aufgenommen, absorbirt werden, welche dadurch verdünnt und warm wird. Durch eine Pumpe wird dauernd Säure nach einer offenen Pfanne — dem Konzentrator — geschafft, in der die Säure eingekocht, also wieder verstärkt wird und von Neuem zur Wasseraufnahme in den Auffauger zurückgeht. Zwischen diesem und dem Konzentrator ist noch ein Wärmeaustauschgefäß eingeschaltet, welches einerseits die kalte Säure, die gekocht werden soll, vorwärmt und andererseits die heiße Säure, welche nach dem Auffauger zurückläuft, vorkühlt. In dem Auffauger selbst wird die Säure durch Brunnenwasser, welches durch eine Rohrschlange läuft, auf einer so tiefen Temperatur erhalten, als zur kräftigen Absorption des Wasserdampfes nothwendig ist.

Bisher konnten für die konzentrirte heiße Schwefelsäure keine auf die Dauer haltbaren Gefäße hergestellt werden, und verhinderte dieser Umstand eine Aufnahme der Maschine in die Praxis. Lange glaubt diese Schwierigkeit jetzt überwunden zu haben.

Die Wasserdampfmaschine wird, falls die Zerstörung der Gefäße durch die Schwefelsäure überwunden sein sollte, hauptsächlich für kleinere Bedürfnisse, z. B. für den Bierausschank, Bedeutung gewinnen. Mit 1 kg Dampf bezw. der hierzu nothwendigen Wärme schaffte eine Lange-Maschine älterer Bauart 160 W.-E. Kälte. Meßergebnisse an der neuen Maschine liegen noch nicht vor.

5. Kaltluftmaschine

beruht darauf, daß atmosphärische Luft in einem Kompressor zusammengedrückt, die dabei entstehende Wärme durch Kühlwasser abgeführt und darauf die Luft in den abzukühlenden Raum hineingeblasen wird, wobei sie sich wieder ausdehnt und die in das Kühlwasser abgeführte Wärme dem Raum entzieht. Der Betrieb einer Kaltluftmaschine ist gegen den der anderen Bauarten so theuer, daß das System niemals Aussicht auf eine Verbreitung haben kann und heute auch vollständig verlassen worden ist.

6. Kältebedarf der Brauerei.

Unter der Voraussetzung gut isolirter Keller und Vorkühlung der Würze durch Brunnenwasser ist der Bedarf für die verschiedenen Zwecke während 24 Stunden:

1. 1 qm Lagerkeller . . . . = 500 bis 700 W.-E.
2. 1 qm Gährkeller . . . . = 1000 bis 1200 W.-E.

3. Die Abkühlung des Bieres von 18° auf 4° C., also um 14°, für je 1 hl = 1400 W.-E.
4. Das auf Gährung stehende Bier im Gährkeller, also die Schwimmerkühlung, je 1 hl . . . . = 120 W.-E.
5. Kunsteisherstellung je 1 kg . . . . = 100 W.-E.

Eine Brauerei besitzt 5 Lagerkeller-Abtheilungen je 20,4 m lang, 5,2 m breit = 530,4 qm,
einen Gährkeller 20,6 × 12,3 m = 253,4 „
Täglich werden 75 hl Bier gebraut also auch gekühlt.
Im Gährkeller stehen höchstens 1000 hl auf Gährung.
Täglich sollen 10 bis 15 Ctr. Kunsteis gemacht werden.
Der Kältebedarf ist für:

1. Lagerkeller	530,4 · 500 = 265 200	W.-E.
2. Gährkeller	253,4 · 1000 = 253 400	„
3. Bierkühler	75 · 1400 = 105 000	„
4. Schwimmerkühlung . .	1000 · 120 = 120 000	„
5. Kunsteis . . 15 Ctr. =	750 kg · 100 = 75 000	„
Zusammen . . .	= 818 600	W.-E.

Bei täglich 10stündigem Betrieb der Maschine muß dieselbe $\frac{818\,600}{10}$ = stündlich 81 860 W.-E. schaffen, bei 15stündigem $\frac{818\,600}{15}$ = 54 600 W.-E. und bei 20stündigem Betrieb 40 930 W.-E. Für eine Neuanlage mit Rücksicht auf die Vergrößerung des Umsatzes wird man also eine Maschine von ungefähr 75 000 W.-E. stündliche Leistung wählen, das sind 2 Kompressoren Nr. 4, oder nach Linde 2 Kompressoren Nr. 10.

7. Kühlrohre im Keller.

Die erforderliche Oberfläche der Kühlrohre im Keller richtet sich nach der stündlich abzugebenden Kälte, muß also größer sein, wenn die Kühlmaschine nur bei Tage arbeitet, als wenn sie auch bei Nacht arbeitet. Gewöhnlich werden 50 mm weite schmiedeeiserne Rohre verwendet, welche 170 mm Umfang und auf 1 m Länge 0,17 qm Oberfläche haben. Der Durchgangskoeffizient, d. h. die Wärmemenge, welche für je ein Grad Temperaturunterschied und Quadratmeter Heizfläche und Stunde von dem Salzwasser an die ruhende Kellerluft abgegeben wird, beträgt ungefähr 12. Der Temperaturunterschied zwischen dem durchschnittlich −3gradigen Salzwasser und der Kellerluft, welche oben etwa +2° beträgt, wenn der Keller unten auf 0° steht, ist 5°, so daß 1 m Rohrlänge stündlich abgeben kann:

$$0{,}17 \cdot 12 \cdot 5 = 10{,}5 \text{ W.-E.}$$

Eine Lagerkeller-Abtheilung ist gewöhnlich 5 m breit; 1 m Länge der Abtheilung, welche in 24 Stunden 500 · 5 = 2500 W.-E. Kälte nöthig hat,

muß also, wenn diese Kältemenge bei 10stündigem Betriebe der Kühlmaschine bezw. der Salzwasserpumpe an die Kellerluft übertragen werden soll:

$$\frac{2500}{10{,}2 \cdot 10} = 24{,}6,$$ also 25 nebeneinander liegende Rohrstränge,

erhalten.

Oder für je 1 qm Kellerfläche berechnet:

Tägliche Betriebsstunden der Kühlmaschinen	Laufd. Meter Kühlrohre, 50 mm weit, für je 1 qm	
	Lagerkeller	Gährkeller
10	4,90	6,51
15	3,27	4,36
20	2,45	3,27
24	2,04	2,56

Die gußeisernen Rippenrohre, welche für Gährkeller angewendet werden, haben sich nicht bewährt, weil der Wärmedurchgangskoeffizient höchstens 4 ist, gegenüber 12 bei glatten Röhren, außerdem die Rippen sich voll Eis setzen und die Rohre beschweren.

Die direkte Ammoniakkühlung, welche in Nordamerika benutzt wird, findet in Deutschland wenig Anwendung; es ist sogar schon eine derartige Anlage nachträglich für Salzwasserkühlung umgebaut, so daß vorausgesetzt werden muß, daß die offenbaren Vortheile durch ebensoviel Nachtheile wieder aufgehoben werden.

8. Die Prüfung der Kühlmaschinen

auf ihre Leistung geschieht dadurch, daß festgestellt wird, wieviel Wärme dem Salzwasser in einer Stunde entzogen wird bei Einhaltung von $-5°$ im Salzwasserbade, welche Temperatur in Brauereien allgemein als nothwendig erkannt ist.

Gleichzeitig wird der Kraftbedarf des Kompressors durch Indiziren festgestellt und der Kraftbedarf der Dampfmaschine, mit und ohne Belastung durch den Kompressor. Dieser Unterschied stellt den effektiven Kraftbedarf des Kompressors dar.

Drittens wird das Kühlwasser, wenn es möglich ist, gemessen und dessen Temperaturaufnahme bestimmt.

1. Die Kälteleistung ergiebt sich aus dem Produkt der geförderten Salzwassermenge in kg, der spez. Wärme des Salzwassers und dem Temperatur-

unterschied des Salzwassers beim Ausgang und beim Rückgang in den Verdampfer. Während der Messung muß sich die Maschine im Beharrungszustand befinden.

Für die Prüfung einer Kühlmaschine sind folgende Vorbereitungen nothwendig, deren Anordnung aus nebenstehender Skizze hervorgeht.

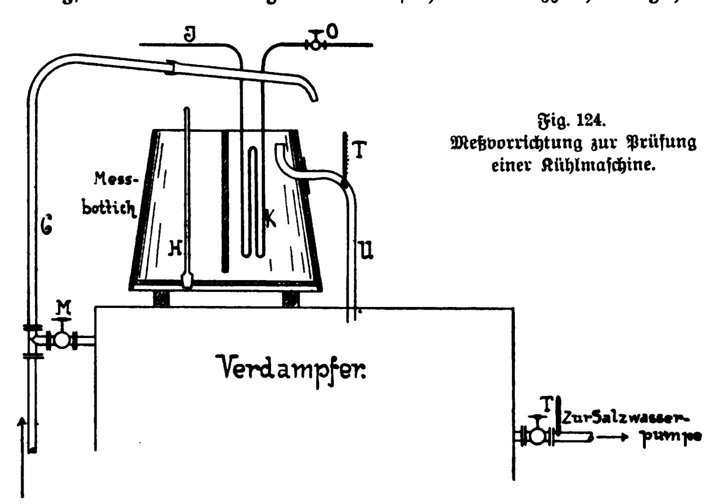


Fig. 124. Meßvorrichtung zur Prüfung einer Kühlmaschine.

Zunächst muß die Leistung der Salzwasserpumpe bestimmt werden.

Für diesen Zweck wird oberhalb des Verdampfers ein Meßgefäß (alter Gährbottich) aufgestellt, in welches die aus den Kellern zurückkehrende Salzsoole geleitet wird. Das hierzu anzulegende Rohr C muß jedoch so eingerichtet werden, daß das Salzwasser nach Belieben entweder in den Bottich, von wo aus es dann durch den Ueberlauf U in den Verdampfer läuft, oder direkt in den Verdampfer unter Umgehung des Meßbottichs geleitet werden kann. Dieser Zweck wird erreicht entweder durch Anwendung eines Ueberstecktrohres oder durch Einschaltung des Schiebers M vor dem gewöhnlichen Rücklauf des Salzwassers in den Verdampfer. Läßt sich das Bogenstück C drehbar anordnen, so daß die Mündung desselben einmal über den Meßbottich und dann über den Verdampfer gebracht werden kann, so sind die beiden erwähnten Anordnungen nicht nöthig. Der Bottich wird durch eine Holzscheidewand in zwei Hälften getheilt. Diese Scheidewand reicht jedoch nicht bis auf den Boden, sondern steht von demselben etwa 10 cm ab.

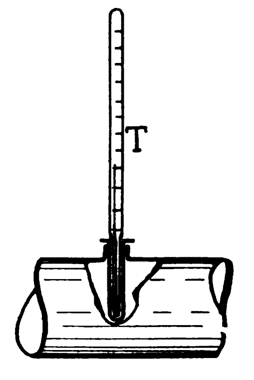


Fig. 125. Thermometerstutzen.

Der Ueberlauf U des Meßbottichs muß mindestens so weit sein, wie der Wasserzulauf C.

Die Oberkante desselben ist etwa 10 bis 15 cm tiefer als die Oberkante des Bottichs anzubringen. Am einfachsten wird dieser Ueberlauf aus Blechröhren angefertigt, die gewöhnlich zu Dachrinnen oder Ofenröhren verwendet werden.

An dem Ueberlaufrohr U, sowie an dem Salzwasserauslaufrohr zur Pumpe sind Tüllen einzulöthen, welche das Einsetzen von Thermometern gestatten. Der Meßbottich muß außerdem eine Entleerungsvorrichtung H besitzen, so daß man den Bottichinhalt in den Verdampfer ablassen kann. Schließlich ist nach dem Meßgefäß eine Heißwasserleitung J zu legen und an diese ein Gährbottichkühler K anzuschließen, welcher in der angedeuteten Weise in das Meßgefäß hineingehängt wird. Der Regulirhahn O für das Heißwasser muß in der Nähe des Meßbottichs angebracht werden.

Der Meßbottich wird vor oder nach der Aufstellung auf dem Verdampfer auf eine Dezimalwaage gestellt, und während die Scheidewand, der Gährbottichkühler und das Ueberlaufrohr sich im Bottich befindet, mit Salzwasser aus der Kühlmaschine genau bis zum Ueberlauf gefüllt und dessen Gewicht festgestellt. Während der Prüfung wird dann die Zeit beobachtet, in der der Bottich durch die Salzwasserpumpe gefüllt wird und daraus die stündliche bewegte Salzwassermenge bestimmt. Das Salzwasser muß während der Prüfung den Verdampfer mit $-5°$ verlassen; um diese Temperatur möglichst zu erhalten, wird während der Prüfung das Rücklaufwasser in den Bottich gelassen, aus dem es dauernd durch den Ueberlauf abläuft, und in dem Bottich so weit angewärmt, daß die Ablauftemperatur aus dem Verdampfer so wenig wie möglich von $-5°$ abweicht Die Mittel aus den in regelmäßigen Zwischenräumen von je 10 Minuten vorgenommenen Ablesungen der beiden Thermometer, die in 0,10° getheilt und geaicht sein müssen, liefert den Temperaturunterschied, um den die Maschine das Salzwasser dauernd abzukühlen im Stande ist; dieser multiplizirt mit dem stündlich umlaufenden Salzwassergewicht und der spez. Wärme desselben giebt die stündliche Leistung in W.-E.

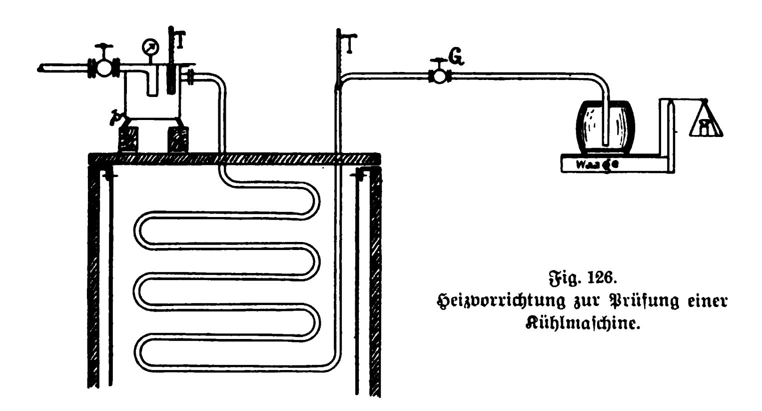


Fig. 126.
Heizvorrichtung zur Prüfung einer Kühlmaschine.

2. Eine andere bequemere Art, die Leistung einer Kühlmaschine zuverlässig zu ermitteln, geschieht durch Aufheizen des Salzwassers mittelst Dampf; aus dem Gewicht des Dampfwassers und der von je 1 kg Dampf abgegebenen Wärmemenge kann die Leistung bestimmt werden.

Die Meßmethode ist jedoch nur für langgestreckte Verdampfer mit kräftig wirkendem Propeller-Rührwerk anwendbar.

Folgende Versuchseinrichtungen (Fig. 126) sind hierzu nothwendig: ein mit einem Ablaßhähnchen versehener Kondenstopf, aus welchem der Schwimmertopf entfernt ist, wird umgekehrt an eine Dampfschlange angeschlossen, welche in dem Verdampfer eingehängt wird. Der Kesseldampf wird durch den Kondenstopf nach der Schlange geführt, ersterer dient als Wasserabscheider, und muß während des Versuches das Ablaßhähnchen dauernd etwas geöffnet bleiben, damit wirklich trockener Dampf in die Heizschlange gelangt.

Die Dampfschlange muß für je 1000 W.-E. Leistung der Kühlmaschine ungefähr 0,1 qm Oberfläche haben. Die Dampfschlange wird quer in den Verdampfer in der Nähe des Rührwerkes so hineingehängt, daß sämmtliche Rohrwindungen von Salzwasser bedeckt werden.

Auf dem Deckel des Kondenstopfes wird ein Manometer befestigt. Ferner wird auf demselben eine unten geschlossene Rohrtülle von etwa 10 mm l. W. dampfdicht angebracht, welche in den Dampfraum des Topfes etwa 80 mm tief hineinreicht und zur Aufnahme eines genauen Thermometers T für die Messung der Temperatur des den Topf passirenden Dampfes dient.

An der Eintrittsstelle des Dampfes in den Kondenstopf wird ein Dampfventil mit feinem Gewinde angebracht. Ein ebensolches Ventil G wird am Ausgang angesetzt. Etwa 1 m über dem Verdampfer, unmittelbar vor dem Ventil G, am besten auf der Rohrbiegung, ist eine zweite Rohrtülle in die Dampfleitung zur Aufnahme eines Thermometers einzusetzen. Alsdann wird das Rohr nach einem Faß geleitet, welches auf einer Dezimalwaage steht, sodaß das während des Versuches sich bildende Dampfwasser gewogen werden kann.

Die Temperatur des Salzwassers wird an verschiedenen Stellen und in verschiedener Höhe in Zwischenräumen von je 10 Minuten gemessen und so viel Dampf der Heizschlange zugeführt, daß möglich eine mittlere Temperatur von $-5°$ dauernd erhalten bleibt. Aus dem Gewicht des verflüssigten Dampfes, dessen Anfangstemperatur und der Temperatur des abfließenden Dampfwassers wird die Menge der zugeführten Wärme berechnet, welche gleich ist der abgeführten Wärme durch die Kühlmaschine, vorausgesetzt, daß die Anfangs- und Endtemperatur des Salzwassers dieselbe geblieben ist, worauf also ganz besonders geachtet werden muß.

Praktische Prüfung einer Kühlmaschine.

Eine Maschinenfabrik hatte einer Brauerei garantirt, daß je ein Kompressor der von ihr gelieferten Ammoniak-Kompressions-Kühlmaschine 60 000 W.-E. in der Stunde bei — 2 bis - 5° in Salzwasser gemessen, schaffen und 26 Pferde für den Kompressor und das Rührwerk im Verdampfer gebrauchen soll, vorausgesetzt, daß 30 hl Kühlwasser stündlich zur Verfügung stehen und die Ammoniaktemperatur im Kondensator 25° beträgt. Für jeden Grad mehr Wärme im Kondensator darf sich der Kraftverbrauch um 4 v. H. erhöhen. Der effektive Kraftaufwand des Kompressors und des Verdampfer-Rührwerkes soll an der Dampfmaschine durch Indizirung gemessen werden, während diese mit und ohne diese Arbeitsmaschinen belastet ist, und soll der Unterschied mit 0,85 multiplizirt den Kraftaufwand darstellen.

Die Apparate, der Verdampfer und Kondensator, sind für einen Kompressor bemessen, erst bei einer späteren Vergrößerung sollen diese für den zweiten Kompressor aufgestellt werden.

Die Prüfung erfolgte also mit jedem Kompressor einzeln und zwar nach vorstehender Meßart, bei abgestellter Salzwasserpumpe durch Heizung des Salzwassers, wobei ein vollkommener Beharrungszustand der Maschine dadurch erhalten wurde, daß durch die Dampfschlange genau so viel meßbare Wärme dem Salzwasser zugeführt werden konnte, als durch die Kühlmaschine abgeführt wurde.

		linker	rechter
		Kompressor	
Dauer des Versuchs im Beharrungszustand . . .	Min.	157,5	56
mittlere Temperatur des Salzwassers an verschiedenen Stellen und Höhen des Verdampfers	° C.	— 4,71	— 4,95
mittlere Ammoniaktemperatur im Verdampfer . .	° C.	- 12,24	— 11,63
entsprechender Druck	Atm.	1,67	1,74
mittlere Ammoniaktemperatur im Kondensator . .	° C.	+ 23,95	23,64
entsprechender Druck	Atm.	8,99	8,91
Abflußtemperatur des Kühlwassers von dem Berieselungskondensator	° C.	19,7	19,5
Kühlwassermenge in der Stunde (nicht gemessen)		—	—
Heizdampf im Verdampfer verflüssiigt.	kg	282,8	100
in einer Stunde	kg	107,73	107,14
mittlere Temperatur des Eingangsdampfes . . .	° C.	141,36	142,3
Gesammtwärme von je 1 kg Dampf	W.-E.	649,6	649,9
mittlere Temperatur des abfließenden Dampfwassers	° C.	32,0	29,7
1 kg Dampf hat Wärme an das Salzwasser abgegeben	W.-E.	617,6	620,2
stündliche dem Salzwasser zugeführte Wärme oder Leistung der Maschine	W.-E.	66 534	66 448

Der Kraftbedarf wurde nur für den linken Kompressor bestimmt. Abmessungen der Dampfmaschine:

Kolbendurchmesser	cm	32,5
Kolbenstange vorn	„	7,0
„ hinten	„	0,0
Hub der Maschine	m	0,6
Drehung in der Minute mit einem Drehungszähler ermittelt		91,15
Konstante vorn		9,615
„ hinten		10,082
mittlere Höhe der Indikatorfiguren mit Belastung durch den Kompressor		
vorn	mm	11,46
hinten	„	10,28
ohne Belastung durch den Kompressor		
vorn	„	3,816
hinten	„	1,554
Federmaßstab im Dampf-Indikator 1 kg = mm vorn	„	5,79
hinten	„	5,87
mittlerer Druck auf den Kolben mit Kompressor belastet { vorn	kg	1,980
{ hinten	„	1,752
mittlerer Druck auf den Kolben ohne Kompressor belastet { vorn	„	0,660
{ hinten	„	0,264
Leistung der Dampfmaschine mit Kompressor belastet 9,615 · 1,980 + 10,082 · 1,752 =	indiz. Pferde	36,570
Leistung der Dampfmaschine ohne Kompressor belastet 9,615 · 0,66 + 10,082 · 0,264 =	indiz. Pferde	9,01
Arbeitsverbrauch des Kompressors 36,57 – 9,01 =	effektive Pferde	27,56
multiplizirt mit 0,85 dem Vertrage gemäß	„ Pferde	23,43
umgerechnet für 60 000 W.-E.	„ Pferde	21,13
Abmessungen des Kompressors: Kolbendurchmesser	cm	23,0
Kolbenstange vorn		5,0
„ hinten		0,0
Hub	m	0,38
Anzahl der Drehungen in der Minute		91,15
Konstante vorn		3,047
„ hinten		3,198
mittlere Höhe der Indikatorfiguren vorn	mm	14,88
„ „ „ „ hinten	„	14,94
Federmaßstab im Ammoniakindikator vorn	1 kg = mm	3,865
„ „ „ hinten	1 kg = mm	3,787
mittlerer Druck auf den Kolben vorn	kg	3,850
„ „ „ „ „ hinten	„	3,945
indizirter Arbeitsverbrauch des Kompressors	Pferde	24,346

Die Maschine hat demnach mit dem linken Kompressor 66 534, mit dem rechten 66 448 W.-E. in der Stunde geschafft, also über 10 v. H. mehr als garantirt war. Der Kraftbedarf des Kompressors allein beträgt nach der Be-

stimmung des Vertrages berechnet 23,43 Pferde, für 66 534 W.-E., dementsprechend für 60 000 W.-E. = 21,13 Pferde.

Das Rührwerk im Verdampfer wurde durch einen Elektromotor angetrieben, der gleichzeitig die Salzwasser- und Süßwasserpumpen bedient; der Arbeitsverbrauch mußte deshalb durch den Stromverbrauch des Motors, während dieser das Rührwerk treibt, ermittelt werden, und betrug er, abgesehen von dem Stromverbrauch, welchen der leere Motor allein verursacht, bei 110 Volt 15,6 Ampère = 1716 Watt oder 2,33 Pferde.

Der Arbeitsverbrauch für einen Kompressor bei 60 000 W.-E. und für das Rührwerk im Verdampfer beträgt 21,13 + 2,33 = 23,46 Pferde, das ist über 9 v. H. weniger, als garantirt war.

Nach unserem Dafürhalten ist es nicht richtig, den Unterschied der indizirten Dampfpferde mit und ohne Kompressor noch mit 0,85 zu multipliziren, um den effektiven Arbeitsverbrauch des Kompressors zu erhalten. (Siehe „indizirtes und effektives Pferd“, Seite 101.)

Der Unterschied der indizirten Dampfpferde mit und ohne Kompressor = effektive Kompressorpferde, ist 27,56, gegenüber 24,346 indizirten Kompressorpferden; der Kompressor verursacht also einen Reibungsverlust von 27,56 — 24,346 = 3,214 Pferden, oder der Wirkungsgrad desselben beträgt:

$$\frac{24,346}{27,56} = 0,8834 \text{ oder } 88,34 \text{ v. H.}$$

9. Vertrags-Entwurf für Beschaffung einer Kühlmaschine.

Zwischen der Brauerei . . . . . . und der Maschinenfabrik . . . . ist heute folgender Vertrag geschlossen:

1. Die Brauerei überträgt der Fabrik und letztere übernimmt die Lieferung, Aufstellung und Inbetriebsetzung einer neuen Kühlmaschine von . . . . W.-E. stündlicher Leistung im Salzwasserbade gemessen bei einer Temperatur zwischen − 5 und − 2° C.

Diese stündlich zu schaffende Kältemenge ist auf folgende Weise berechnet worden:

Es sind zu kühlen:

.. qm	Lagerkeller	auf ..	Grad C.,	Kältebedarf in	24 Std.	je .. W.-E.	= .. W.-E.
.. „	Gährkeller	„ ..	„ „	„	„ 24	„ „ .. „	= .. „
.. „	Vorkeller	„ ..	„ „	„	„ 24	„ „ .. „	= .. „
.. „	Abziehkeller	„ ..	„ „	„	„ 24	„ „ .. „	= .. „
.. „	Flaschenkeller	„ ..	„ „	„	„ 24	„ „ .. „	= .. „
.. „	Hopfenlager	„ ..	„ „	„	„ 24	„ „ .. „	= .. „
.. hl	auf Gährung stehendes Bier			„	„ 24	„ „ .. „	= .. „

.. hl Würze täglich bei Brunnenwasser-Vorkühlung { durch Salzwasser = .. W.-E.
von .. Grad C. auf .. Grad C. . . . . . { „ Süßwasser = .. „
.. kg Eis täglich in Tafeln von je .. kg . . . . = .. „
.. „ „ „ „ Blöcken „ „ .. „ . . . . = .. „
Für spätere Erweiterung oder zur Reserve soll die Maschine mehr leisten . . . . = .. „
Zusammen in 24 Stunden = .. W.-E.

Die tägliche Betriebszeit soll im höchsten Falle . . . Stunden täglich betragen, so daß eine stündliche Leistung der Maschine von . . . W.-E. gefordert wird.

2. Die Kühlmaschine soll von der Fabrik als . . . . (Bauart) gebaut werden und dieselbe soll für den vereinbarten Preis von . . . Mk. nach dem Kostenanschlage vom . . . . fertig betriebsfähig hergestellt werden, also einschließlich Transport und Montage und aller Rohre für Salzwasser, Ammoniak (schwefliger Säure, Kohlensäure), Dampf und Kühlwasser. Für letzteres nur innerhalb des Maschinenhauses und ohne Fußbodenentwässerung. Die Reise, den Unterhalt und die Besoldung der Monteure oder Ingenieure hat die Fabrik zu bezahlen, jedoch gewährt die Brauerei denselben hierauf Vorschüsse bis zu der von der Fabrik angegebenen Höhe. Während der Aufstellung wird Seitens der Brauerei für jeden Monteur ein Hülfsmann gestellt; nur zum Transport schwerer Gegenstände, welche nicht von 2 Mann bewältigt werden können, stellt die Brauerei vorübergehend die hierzu erforderlichen Hülfsmannschaften. Das Werkzeug dagegen, Winden, Ketten u. s. w. hat die Fabrik zu stellen ohne besondere Vergütung; dieselbe übernimmt auch die Verantwortlichkeit für die Güte der Werkzeuge und deren richtige Handhabung. Die Transportkosten für die Werkzeuge von der Fabrik zur Brauerei und umgekehrt trägt die Brauerei. Alles Material, welches sonst zur Aufstellung gebraucht wird, hat die Fabrik ebenfalls zu stellen, oder es wird nur gegen Bezahlung von der Brauerei geliefert, also auch das Putz-, Schmier- und Löthmaterial einschließlich der Holz- und Schmiedekohlen und die etwa nothwendig werdende Beleuchtung, soweit nicht etwa eine allgemeine Raumbeleuchtung vorhanden ist, deren Benutzung der Fabrik kostenlos zusteht. Für Verbrauch oder Verlust von Werkzeug wird der Fabrik keine Entschädigung gewährt, jedoch muß die Brauerei den Monteuren verschließbare Räume zur Unterbringung von Werkzeugen zur Verfügung stellen und auch für sicheren Verschluß derjenigen Räume sorgen, in denen montirt wird. Zum Transport der Gegenstände von der Eisenbahn zur Baustelle stellt die Brauerei außer den erforderlichen Hülfsmannschaften Pferd und Wagen; werden aber Wagen von mehr als 5000 kg Tragfähigkeit gebraucht, so hat diese die Fabrik ohne besondere Entschädigung zu stellen. Die Transportkosten sind von der Brauerei zu tragen. Der Transport der Maschinen-

theile zur Baustelle geschieht unter Verantwortung der Fabrik, solange den Anordnungen des Monteurs Folge geleistet wird. Das erforderliche Rüstzeug stellt die Fabrik, die Brauerei trägt die für den Transport des Rüstzeugs erwachsenden Kosten, falls dasselbe von der Fabrik mitgebracht wird.

Zur Anweisung des Maschinenwärters muß die Fabrik ihren Monteur noch 8 Tage nach Inbetriebsetzung der Maschine in der Brauerei lassen. Während dieser Zeit wird das nothwendige Ammoniak (die schweflige Säure oder Kohlensäure), sowie das Salz von der Fabrik kostenlos geliefert, und der Fabrik oder dem Monteur wird für die Unterweisung keine besondere Entschädigung gewährt.

3. Die Anlieferung der Hauptgegenstände, soweit dieselben zum Beginn der Montage erforderlich sind, hat bis zum ...... zu erfolgen, so daß von diesem Tage an mit der Aufstellung begonnen werden kann. Die weiteren Lieferungen müssen derart bewirkt werden, daß die Montage keine Unterbrechung erleidet. Die Brauerei versichert die Lieferungsgegenstände unmittelbar nach erfolgter Ankunft in der Brauerei dem Kostenanschlage entsprechend gegen Feuerschaden. Die Zeichnungen für die Fundamente der Maschinen und Apparate müssen spätestens 3 Wochen vor diesem Termin in den Händen der Brauerei sein. Die betriebsfähige Fertigstellung der Einrichtung ist bis zum ...... zu bewirken. Aufschub ist nur gestattet durch nachgewiesene Hinderungsgründe, auf deren Beseitigung die Fabrik keinen Einfluß hat. Für je einen Tag späterer Lieferung oder Fertigstellung wird von dem Kaufpreise für die ersten 14 Tage 0,1 v. H., für jeden Tag der folgenden Zeit 0,2 v. H. der Abschlußsumme in Abzug gebracht ohne Nachweis des entstandenen Schadens. Vorausgesetzt wird hierbei, daß die baulichen Anlagen bis zum .... soweit fertig gestellt sind, daß der Montage keine Hindernisse entstehen. Die Räume, in denen montirt werden soll, müssen zu Beginn der Aufstellung mit verglasten Fenstern, außerdem mit verschließbaren Thüren und Treppen versehen sein. Die Maschinenfundamente und die Fundamente für die Apparate müssen ebenfalls fertig und abgebunden sein. Andernfalls wird der Fertigstellungstermin um eine entsprechende Zeit verschoben. Dieser Termin muß Seitens der Fabrik der Brauerei, sobald die Bauhindernisse überwunden sind, durch eingeschriebenen Brief angezeigt werden. Die Anlieferung der Maschinentheile hat jedoch auch bei einer Bauverzögerung am Lieferungstage zu erfolgen, widrigenfalls der Abzug in Kraft tritt, wenn hierüber keine neue Einigung betreffend späterer Lieferung getroffen ist. Sollten die Monteure der Fabrik durch eine Bauverzögerung, die der Fabrik nicht rechtzeitig angezeigt worden ist, nicht arbeiten können, so wird Seitens der Brauerei für jeden Mann und Tag ... Mk. bezahlt. Ebenso werden Reisekosten der Monteure von der Brauerei bezahlt, wenn diese nochmals wegen Bauverzögerungen nach Hause fahren müssen. Sollten die Fundamente Seitens der Brauerei nicht

genau nach der von der Fabrik gelieferten Zeichnung ausgeführt sein, oder selbst so falsch stehen, daß dieselben geändert oder abgebrochen werden müssen, so gilt dies als Bauhinderniß mit seinen näher angegebenen Folgen. Müssen die Fundamente wegen Fehler der Zeichnungen verändert oder neu hergestellt werden, geschieht dies auf Kosten der Fabrik, ohne daß derselben die hierdurch bedingte Zeitversäumniß angerechnet wird.

4. Die Fabrik verpflichtet sich, zu allen Theilen der Kühlanlage nur bestes und dem jeweiligen Zwecke entsprechendes Material zu verwenden. Die Maschinentheile müssen den Regeln der Maschinentechnik entsprechend gebaut werden und auf das Genaueste bearbeitet sein. Für die Güte des Materials und der Ausführung übernimmt die Fabrik eine Garantie von 1 Jahr in der Weise, daß sie sich verpflichtet, alle in diesem Zeitraum von dem Tage der Inbetriebsetzung an gerechnet sich ergebenden Mängel, sofern dieselben auf schlechtes Material, Bauart und Ausführung zurück zu führen sind, kostenlos zu beseitigen oder fehlerhafte Theile durch tadellose zu ersetzen; ein Anspruch der Brauerei auf anderweitigen Schadenersatz, sowie auf Entschädigung für entgangenen Gewinn ist ausgeschlossen. Falls die Beseitigung oder der Austausch Betriebsstörungen veranlaßt, behält sich die Brauerei das Recht vor, die Zeit der Betriebsunterbrechung zu bestimmen. Kommt die Fabrik dieser Garantieverpflichtung nicht in einer angemessenen Frist nach, so ist die Brauerei berechtigt, die nöthigen Verbesserungen oder Neuherstellungen durch eine andere Firma auf Kosten der Fabrik vornehmen zu lassen. Reisen der Monteure bezw. Ingenieure der Fabrik, welche durch Unkenntniß bei der Handhabung der gelieferten Einrichtungen entstehen, bezahlt die Brauerei.

5. Ueber die Abmessungen, die Kälteleistung und den Kraftbedarf der Kühlmaschine wird Folgendes vereinbart:

Es beträgt:

des Kompressors	Cylinderdurchmesser	cm
	Hub	m
	Drehungszahl	
die Oberfläche der	Kondensatorschlangen	qm
	Flüssigkeitskühlerschlangen	„
	Verdampferschlangen	„
	Süßwasserkühlerschlangen	„

Die Maschine soll eine Kälteleistung von . . . W.-E. stündlich haben, im umlaufenden Salzwasser gemessen bei - 5 und — 2° C.

Geschieht die Feststellung der Kälteleistung ohne Anwendung der Salzwasserpumpe bei Soolecirkulation im langgestreckten Verdampfer, mit Propellerrührwerk durch Dampfkondensation, so ist die Sooletemperatur während des Versuches dauernd auf — 5° zu erhalten. Können die vorgeschriebenen Temperaturen während des Abnahmeversuches nicht genau eingehalten werden, so ist eine Umrechnung der festgestellten Kälteleistung nach Maß-

gabe der Temperatur des im Verdampfer verdampfenden Kältemediums zulässig.

Als Kraftverbrauch des Kompressors in effektiven Pferden wird der Unterschied der Dampfmaschinenleistung angesehen, welcher durch den Indikator gemessen wird, bei Ein- und Ausschaltung des Kompressors. Für je eine auf diese Weise bestimmte effektive Pferdekraft des Kompressors soll die Kühlmaschine eine stündliche Netto-Kältemenge von wenigstens . . . W.-E. leisten. Für jedes indizirte Kompressorpferd muß die Maschine eine stündliche Netto-Kältemenge von . . . W.-E. leisten.

Diese Abmachungen gelten für eine Ablauftemperatur des Kühlwassers von nicht mehr als . . . Grad C., gemessen im Sammelschiff des Kondensators.

Für jeden Grad C. höherer Kühlwassertemperatur bis zu 35° C. sinkt die Netto-Kälteleistung für jede effektive Pferdekraft um . . . W.-E. Ist ein Tauchkondensator oder ein Flüssigkeitskühler vorhanden, so beziehen sich die Abmachungen auf eine Zulauftemperatur des Kühlwassers von . . . Grad C. und auf eine Ablauftemperatur von . . . Grad C.

Können diese letztgenannten Temperaturen nicht innegehalten werden, so wird für jeden Grad C. niedriger oder höherer Einlauftemperatur bis zu 25° C. die Kälteleistung für jedes effektive Pferd um . . . W.-E. und für jeden Grad höherer Auslauftemperatur bis zu . . . Grad C. um . . . W.-E. höher oder niedriger sein.

Zu berücksichtigen sind Seitens der Maschinenfabrik bei diesen Temperaturfestsetzungen diejenigen Verhältnisse, welche für die Brauerei thatsächlich bestehen, und müssen diese der Fabrik schriftlich mitgetheilt werden.

Wird die geforderte Kälteleistung der Maschine erreicht, aber dafür mehr Kraft, als garantirt wurde, gebraucht, so werden die Kosten für diesen höheren Kraftverbrauch kapitalisirt und vom Kaufpreise in Abzug gebracht. Hierbei werden die Kosten eines effektiven Kompressorpferdes für eine Stunde mit 6 Pfennigen angenommen und zur Kapitalisirung werden 30 000 Arbeitsstunden eingesetzt.

Wird die geforderte Kälteleistung der Maschine nicht erreicht, jedoch für je ein effektives Kompressorpferd die garantirte Kältemenge geschafft, so wird angenommen, daß die Maschine für die Brauerei entsprechend weniger werth ist, und von den Gesammtkosten, welche die Kühlmaschine verursacht hat, wird ein der Minderleistung entsprechender Abzug vom Kaufpreise gemacht. Wird weder die geforderte Kälteleistung erreicht, noch die für ein Pferd garantirte Kältemenge geschafft, so kommen die oben genannten Maßregeln zur Anwendung.

Zum Nachweise der Garantieen hat die Fabrik ungefähr während der drei ersten Monate nach der Inbetriebsetzung der Maschine unter Aufsicht eines Ingenieurs der Versuchs- und Lehranstalt für Brauerei in Berlin die Maschine vorzuführen.

Die Kosten für die Vorbereitungen der Versuche trägt die Fabrik, und die Kosten für die Ueberwachung die Brauerei, wenn die Garantieen erfüllt werden; dagegen die Fabrik, wenn die Garantieen nicht erfüllt werden. Im Uebrigen tragen beide Parteien ihre Kosten selbst. Sollten die Garantieen nicht erfüllt werden, so wird der Fabrik das Recht eingeräumt, Verbesserungen oder Aenderungen an der Kühlanlage auf ihre Kosten vorzunehmen, wobei der Betrieb jedoch so wenig wie möglich gestört werden darf. Die Versuche nach der Veränderung sind als maßgebend für die event. Abzüge bezw. Erfüllung der Garantie zu bezeichnen. Die Kosten für die Ueberwachung der zweiten Versuche werden bei Erfüllung der Garantie von der Brauerei, bei Nichterfüllung von der Fabrik getragen.

Das Urtheil der Versuchs- und Lehranstalt für Brauerei wird sowohl für die Garantien, als auch für die sonstigen Ausführungen der Anlage als maßgebend angesehen; beide Parteien unterwerfen sich der getroffenen Entscheidung. Streitigkeiten, welche sich nicht auf technische Fragen beziehen, werden dem Gericht zur Entscheidung übergeben; dasjenige Gericht, in dessen Bezirk die Brauerei liegt, soll als zuständig angesehen werden.

Die Stempelkosten des Vertrages tragen beide Parteien zu gleichen Theilen.

Die Zahlungen leistet die Brauerei an die Fabrik in vier Raten:

1. Ein Drittel der Schlußsumme des Anschlages spätestens 8 Tage nach Unterzeichnung dieses Vertrages.
2. Ein Sechstel spätestens 8 Tage nach Anlieferung der Haupttheile der Anlage.
3. Ein Sechstel spätestens 8 Tage nach erfolgter Inbetriebsetzung.
4. Den Rest 3 Monate nach Inbetriebsetzung der Anlage, nachdem die Erfüllung des Vertrages in allen Stücken nachgewiesen, oder die Prüfung der Anlage ohne Schuld der Fabrik noch nicht vorgenommen ist. Hat bis zu diesem Termine durch Verschulden der Fabrik eine Prüfung der Anlage nicht stattgefunden, oder sind etwa erforderliche Verbesserungen bis dahin noch nicht ausgeführt, so ist die Brauerei berechtigt, 15 pCt. der Abschlußsumme bis zur endgültigen Abnahme einzubehalten. Wenn ein Austausch einzelner Theile der Lieferung nothwendig ist, wird die entsprechende Summe, welche im Kostenanschlage angegeben ist, zurückbehalten, und außerdem die 15 pCt. der Abschlußsumme. Wird das erste Drittel später bezahlt, so verschieben sich entsprechend die Termine für Lieferung und Fertigstellung, werden die übrigen Beträge später bezahlt, so kommt vom Fälligkeitstermin an eine Verzinsung von 5 pCt. hinzu. Als Erfüllungsort gilt der der Brauerei.

Von dem Vertrage sind zwei gleichlautende Exemplare ausgefertigt, von jeder Partei unterschrieben und jeder eins derselben ausgehändigt.

Unterschriften der Brauerei und der Fabrik mit Ort und Datum.

Pumpen.

Pumpen sind Arbeitsmaschinen zum Transport von Flüssigkeiten oder Gasen. In Brauereien werden Wasserpumpen, Maischpumpen, Bierpumpen, Luftpumpen und Ammoniakgaspumpen oder Kompressoren gebraucht.

Die Saugewirkung einer Wasserpumpe beruht auf dem Druck der Atmosphäre. Beim Hochgehen des luftdicht schließenden Kolbens in dem Pumpencylinder wird unter dem Kolben ein luftverdünnter Raum erzeugt, sodaß das Wasser durch den auf dem Wasserspiegel des Brunnens lastenden Atmosphärendruck durch das Saugerohr und Saugeventil in den Cylinder nachsteigt. Bei der Abwärtsbewegung des Kolbens schließt sich das Saugeventil, und das Wasser tritt durch das Druckventil, welches in dem Kolben selbst, oder seitlich in einem besonderen Ventilkasten sitzt, nach oben.

Die theoretische Saugehöhe des Wassers ist 10,33 m, praktisch läßt sich das Wasser aber nur 8 bis höchstens 9 m hoch aufsaugen, und man macht die Saugehöhe nicht gern über 6 m. Kochendes und heißes Wasser läßt sich nicht aufsaugen, weil sich unter dem Kolben Dampf bildet; das Wasser muß deshalb der Pumpe zufließen.

Die Druckhöhe ist, falls die Pumpe und die Druckrohre stark genug gebaut sind, für alle praktischen Zwecke unbegrenzt.

Auf absolute Dichtheit des Saugerohres und des Kolbens ist die größte Sorgfalt zu verwenden, hiervon hängt die Leistungsfähigkeit der Pumpe ab, und muß das Saugerohr, damit dieses stets zugänglich bleibt, in einem Tunnel verlegt und nicht eingegraben werden.

Die Ventilgehäuse an dem Pumpencylinder müssen so angeordnet sein, daß die mit dem Wasser eingesaugte Luft nach dem Druckrohr entweichen kann und keine Luftsäcke bildet.

Um das Ablaufen des Wassers aus dem Saugerohr während des Stillstandes der Pumpe wirksam zu verhüten, wird an dem Ende des Saugerohres ein Fußventil angesetzt, welches in der Regel mit einem Saugekorb umgeben ist, um Fremdkörper von der Pumpe fernzuhalten.

1. Bauarten der Pumpen.

1. **Hof- oder Straßenbrunnen** ist eine einfache Saugepumpe, deren Kolben durch eine Ledermanschette gedichtet wird. Das Saugeventil sitzt im Boden des Pumpencylinders, das zweite Ventil im Kolben selbst.

Die nebenstehend abgebildete Hofpumpe ist eine weit verbreitete Bauart der Pumpenfabrik W. Garvens-Wülfel bei Hannover. Das Sauge- oder Fußventil besteht aus einer beschwerten Lederklappe, deren Rand gleichzeitig den Pumpencylinder mit dem Sockel abdichtet. In dem Kolben ist ein Kegelventil mit drei Führungsleisten eingesetzt, welches als beste Ventilart auch für andere Zwecke bezeichnet werden kann.

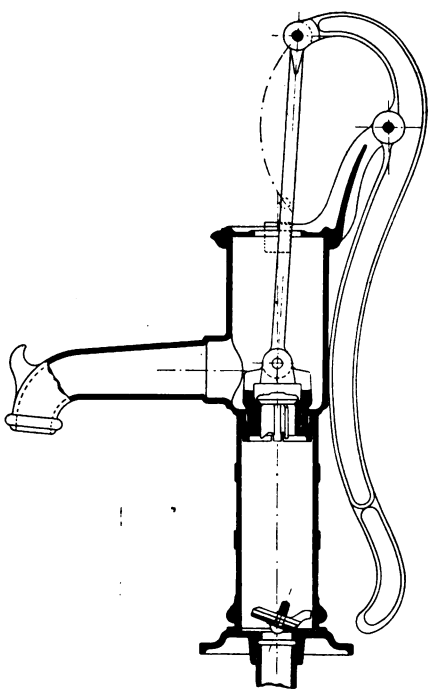


Fig. 127. Hof- oder Straßenbrunnen.

2. **Einfach wirkende Saug- und Druckpumpe mit massivem Scheibenkolben.** Das Sauge- und das Druckventil befindet sich in je einem Ventilkasten, seitlich vom Cylinder. Diese Pumpen werden namentlich für Tiefpumpen verwendet und die Ventile so gesetzt, daß die lange Pleulstange während der Druckperiode auf Zug beansprucht wird, wobei sie sich nicht verbiegen wird, auch ohne sorgfältige Gradführungen.

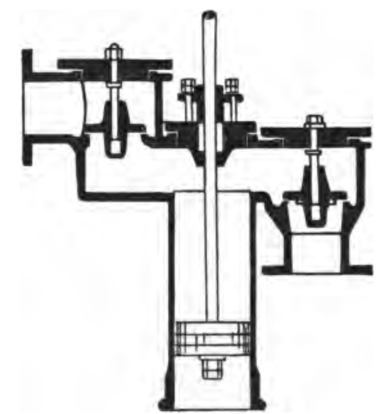


Fig. 128. Einfach wirkende Tiefpumpe.

Die Zeichnung stellt eine Tiefpumpe dar, wie sie von G. Kuhn-Stuttgart-Berg gebaut wird. Der Pumpencylinder ist unten offen, das rechte Sauge- und das linke Druckventil sind Tellerventile, welche auf einem Mittelstift geführt werden, der im Deckel

des Ventilkastens befestigt ist; der Bund auf dem Stift dient zur Hubbegrenzung der Ventile.

3. Die **Kaliforniapumpe** ist eine doppeltwirkende Sauge- und Druckpumpe, also mit 2 Sauge- und 2 Druckventilen. Die Ventile werden in einem seitlichen Ventilgehäuse so angeordnet, daß sie ohne Mühe zugänglich sind. Auf dem Cylinderdeckel ist ein gabelförmiger Bock angeschraubt, der oben

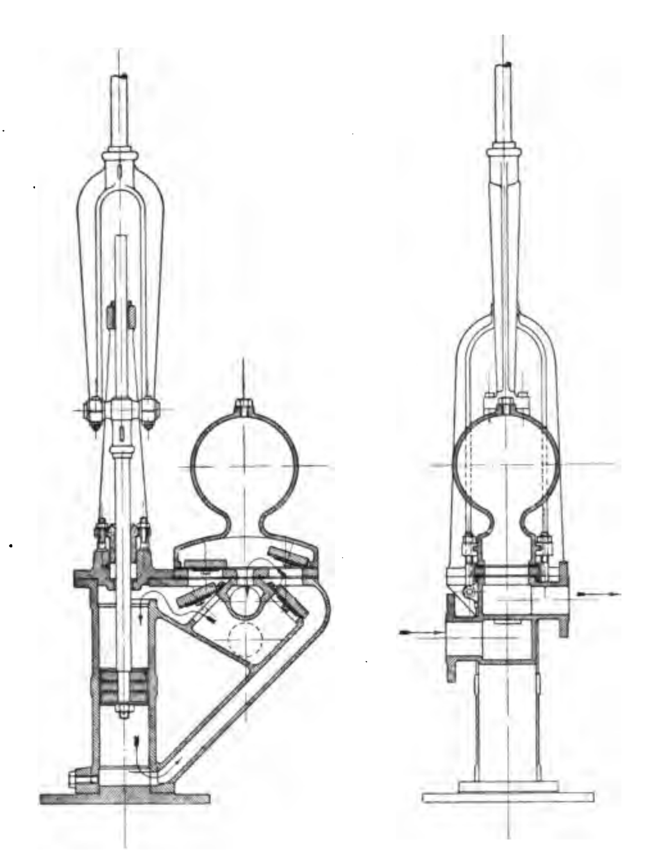


Fig. 129—130. **Kaliforniapumpe.**

die Gradführung der Kolbenstange trägt. Die lange Pleulstange ist im unteren Theil ebenfalls gabelförmig gestaltet, um den Gradführungsbock umfassen zu können, und bildet die Verbindung mit dem Antriebs-Vorgelege. Dieses und das unvollkommene Ausrücken durch einen Steckkeil haben die Pumpe, welche früher viel benutzt wurde, unbeliebt gemacht, und gilt die Pumpe jetzt als eine veraltete Bauart.

4. Plunscher- oder Plungerpumpen haben an Stelle eines Scheiben-kolbens mit Kolbenstange daran einen cylinderförmigen, in seiner ganzen Länge gleichstarken Kolben, an dem oben der Kreuzkopf und die Grad-führung angesetzt ist. Neuerdings wird der Angriffspunkt der Pleulstange

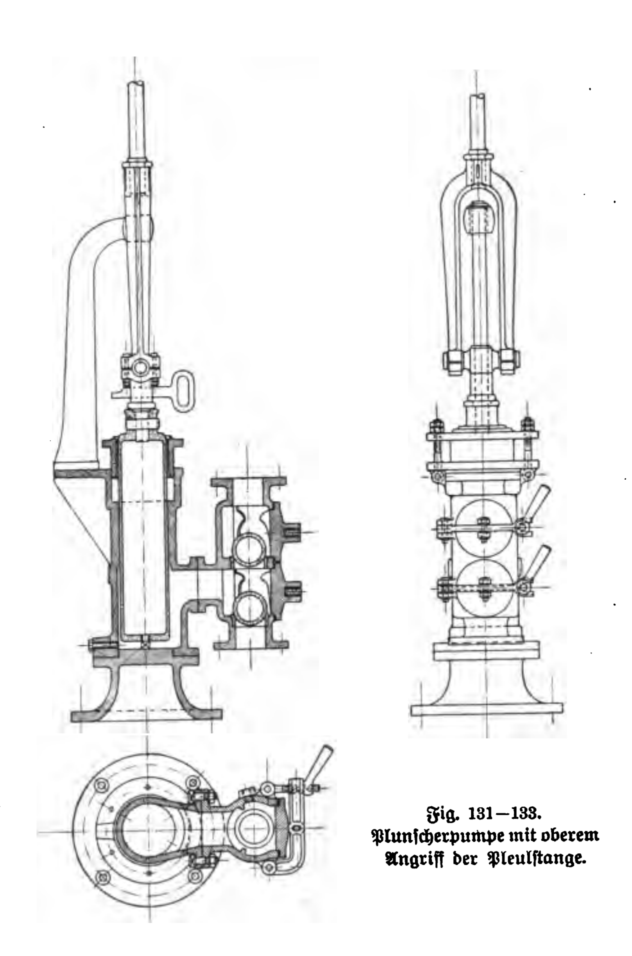


Fig. 131—133.
Plunscherpumpe mit oberem Angriff der Pleulstange.

in den oben offenen Plunscherkolben hineingelegt, wodurch die Pumpe wesentlich niedriger wird. Die obere Zeichnung stellt eine Pumpe älterer, die auf Seite 132 eine Pumpe neuerer Bauart dar. Erstere gebraucht zum Antrieb eine besondere Vorgelegewelle mit Fest- und Losscheibe, und Kurbel zum Angriff der Pleulstange; die Antriebsriemenscheiben und die zugehörige Achse der modernen Pumpe sind an dieser selbst angebracht.

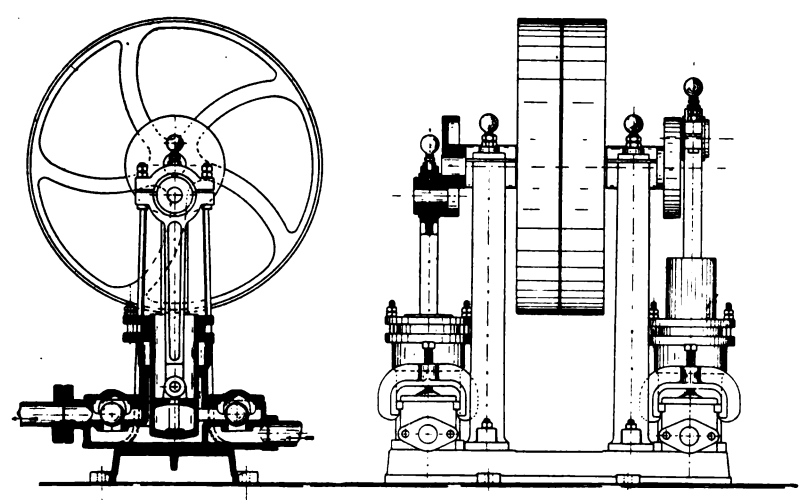


Fig. 134. Plunscherpumpe mit unterem Angriff der Pleulstange.

Für dicke Flüssigkeiten, z. B. Maische, werden die Plunscherpumpen einfachwirkend mit Kugelventilen ausgeführt, für Wasser gewöhnlich doppeltwirkend mit Ring- und Klappenventilen.

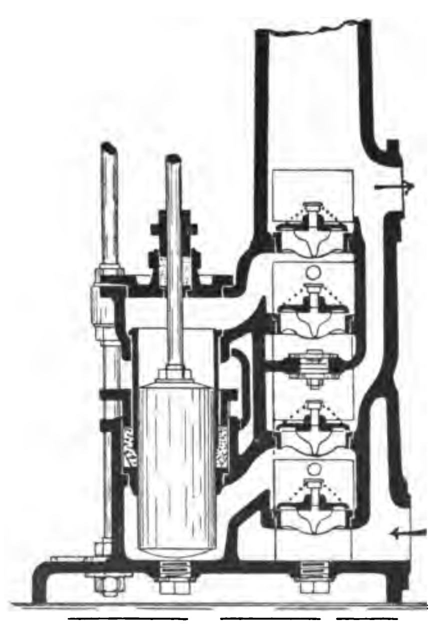


Fig. 135. Unapumpe.

5. Unapumpe ist eine von Klein, Schanzlin und Becker in Frankenthal, Rheinpfalz, gebaute sehr beliebte Pumpe. Der Plunscherkolben geht nicht, wie gewöhnlich, oben durch eine weite Stopfbüchse, sondern ist mit einer Kolbenstange verbunden. Beide, Kolbenstange und Plunscherkolben, haben je eine Stopfbüchse; auch die große Plunscherstopfbüchse ist von außen zugänglich. Die Pumpe wird in Brauereien zur Förderung des Salzwassers der Kühlmaschine und auch als Brunnenwasserpumpe viel benutzt. In der Versuchs- und Lehrbrauerei werden diese Pumpen ausschließlich benutzt, auch die Brunnenpumpen haben dort Bronze-Kolbenstangen. Die Drehungszahl ist absichtlich sehr gering gewählt, wodurch die Pumpen geschont werden.

6. Schnellpumpen sind die neuesten Bauarten; sie machen in der Minute 250 und mehr Drehungen, haben also den früher für Pumpen allgemein geltenden Grundsatz, die Geschwindigkeit des Kolbens möglichst

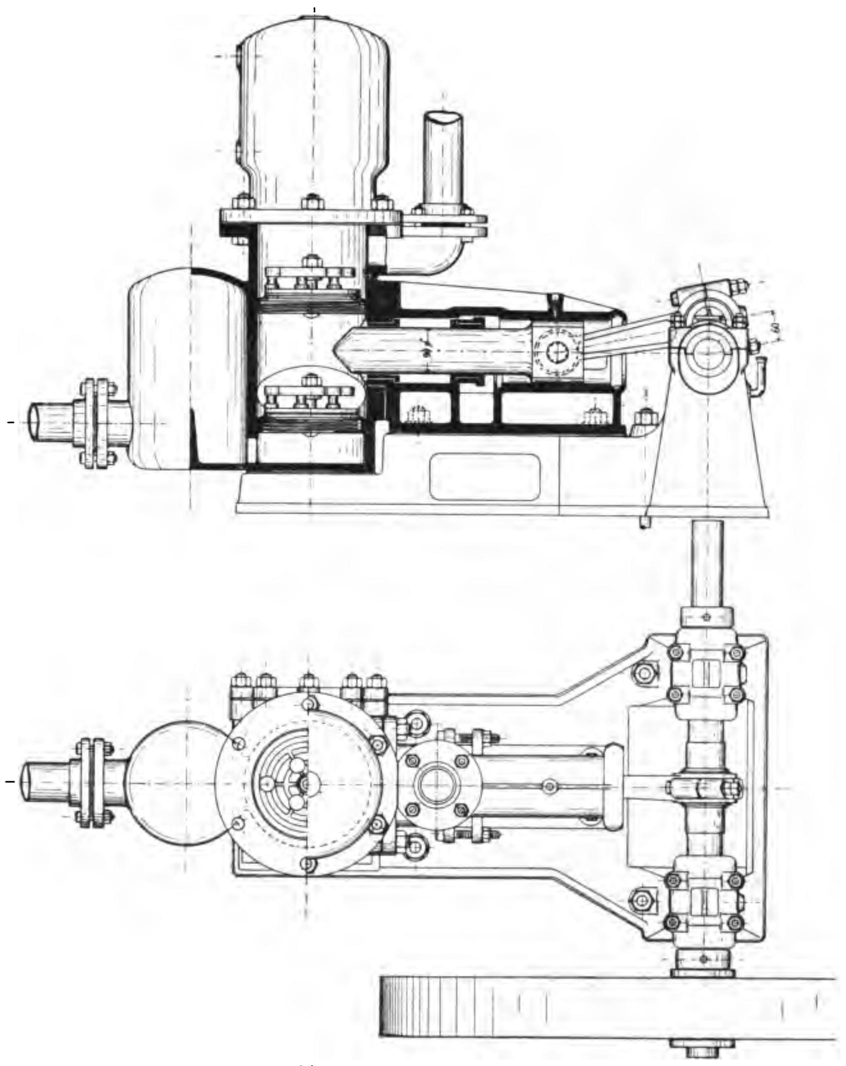


Fig. 136–137. Expreßpumpe.

gering zu machen, vollständig verlassen. Sie werden bereits von allen modernen Pumpenfabriken ausgeführt; auf der Düsseldorfer Ausstellung 1902 waren fast nur Schnellpumpen, selbst für die größten Leistungen für Bergwerksentwässerungen, vorhanden.

Die vorstehende Zeichnung stellt die sogenannte Expreßpumpe von W. Garvens in Wülfel bei Hannover dar. Es ist eine einfach wirkende Pumpe mit 90 mm Kolbendurchmesser, 120 mm Hub, die bei 250 Um-

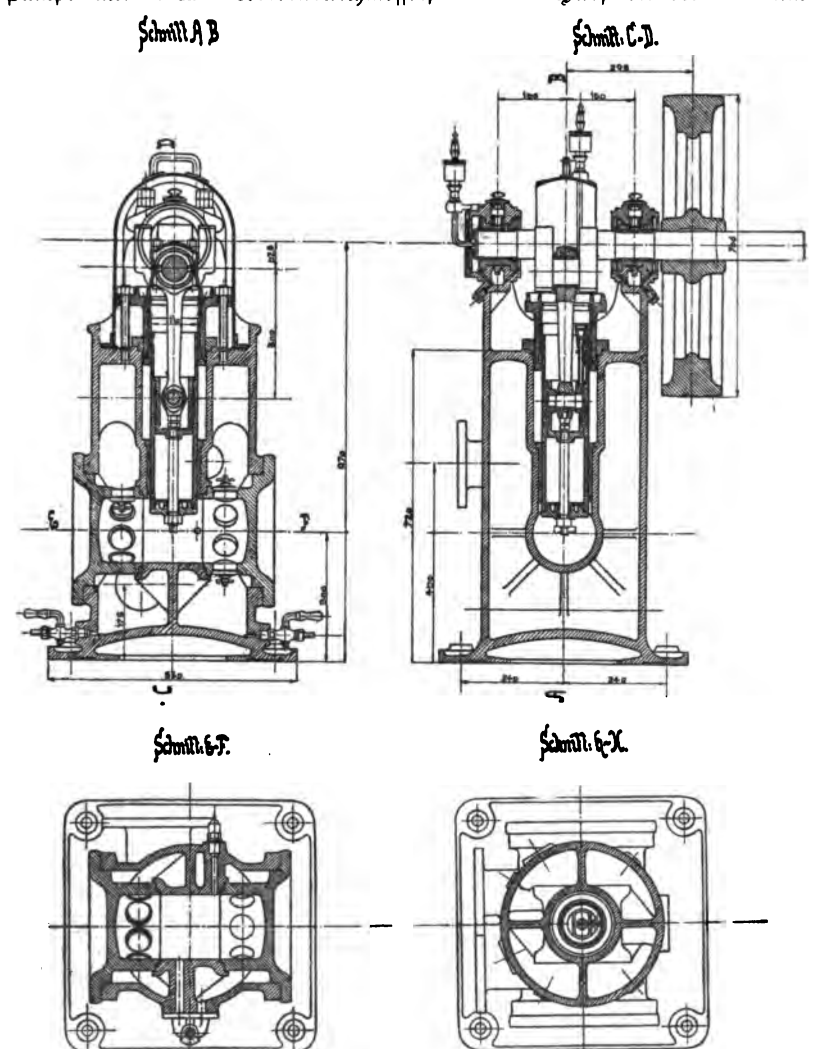


Fig. 138—141. Neptunpumpe.

drehungen in der Minute 190 Liter schafft. Dieselbe Pumpensorte wird auch zweifach und vierfach wirkend ausgeführt und kann die Drehungszahl sogar bis 450 gesteigert werden; die Pumpe wird in verschiedenen Größen bis zü 2500 Liter minutliche Leistung gebaut.

Neptunpumpe. Plunscher Durchmesser 110 mm, Hub 125 mm, 300 Drehungen in der Minute.

Die auf der vorstehenden Seite in verschiedenen Schnitten und unten stehend in der Seitenansicht und Draufsicht dargestellte doppelwirkende Schnellpumpe, die sogenannte Neptunpumpe wird von Schaefer und Langen in Krefeld gebaut. Die Saug- und Druckwindkessel liegen in der

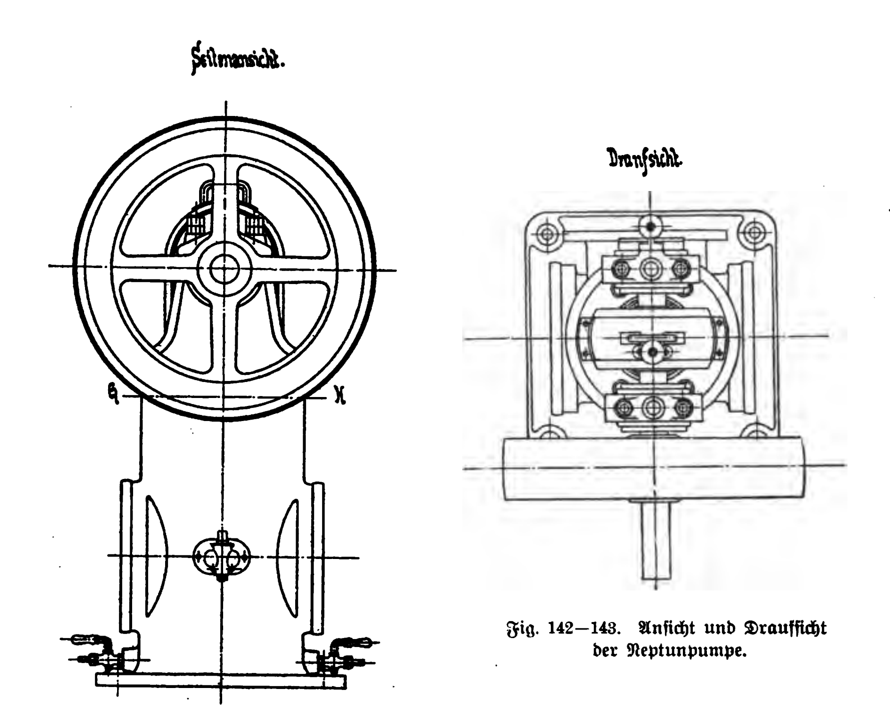


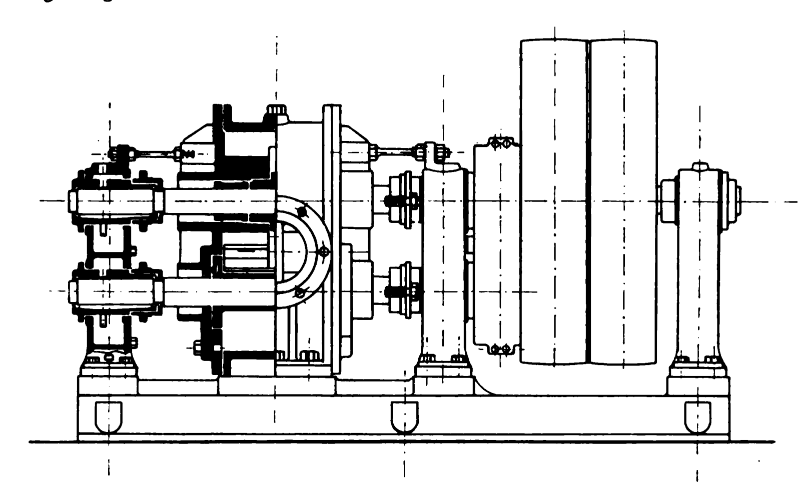
Fig. 142—143. Ansicht und Draufsicht der Neptunpumpe.

Pumpe selbst, es sind Ringventile aus Hartgummi benutzt worden, welche aus einem cylindrischen Gehäuse leicht herausnehmbar angeordnet sind. Die Wellen werden bei allen Schnellpumpen in Ringschmierlagen gelegt. — Wie sich die Pumpen auf die Dauer bewähren, muß noch abgewartet werden, da Erfahrungen noch nicht vorliegen.

7. Kapsel- oder Rotationspumpe unterscheidet sich von den Kolbenpumpen dadurch, daß erstere keine Ventile haben und einen ununterbrochenen Flüssigkeitsausfluß geben. Letztere Eigenschaft kann bei Kolbenpumpen nur durch einen sehr großen Windkessel annähernd erreicht werden.

Die Kapselpumpe ist streng genommen auch eine Kolbenpumpe mit

drehendem Kolben; die Geschwindigkeit darf wesentlich größer sein als die der alten Kolbenpumpen. Ein Nachtheil ist die schwer zu erreichende und zu erhaltende Dichtung des Kapselkolbens in dem Pumpengehäuse, wodurch die Leistungsfähigkeit stark beeinflußt wird, und sehr oft Ausbesserungen nothwendig werden. Trotzdem werden diese Pumpen im Sudhause zum Transport der Maische und des Bieres viel verwendet. Besonders beliebt ist die Enkepumpe und auch die Kapselpumpe von L. A. Riedinger in Augsburg.



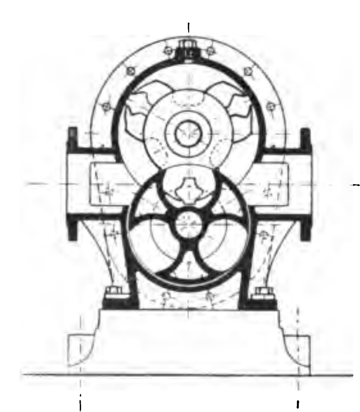


Fig. 144—145. Enkepumpe.

Die Enkepumpe der Maschinenfabrik Karl Enke in Schkeuditz-Leipzig ist eine der besten und verbreitetsten Kapselpumpen, das untere Kapselrad dient nur zur Steuerung, hat keinen Druck zu überwinden und die Zahnräder, die es antreiben, haben nur eine ganz geringe Arbeit zu verrichten nutzen sich also nicht ab und laufen geräuschlos. Die Wellen stecken in Ringschmierlagern und die Stopfbüchsen haben die Kapselräder nicht zu tragen; durch eine besondere patentirte Vorrichtung werden die Stopfbüchsen angezogen. Die Zahnräder laufen in einer geschlossenen Schutzhülse in einem Oelbad.

Die Rotationspumpe von L. A. Riedinger in Augsburg findet sich noch in vielen Sudhäusern, obgleich die Bauart als veraltet angesehen werden kann. Damit die Pumpe verschiedene Mengen schaffen kann, wird sie als Maischpumpe mit zwei Paar Riemenscheiben ausgerüstet.

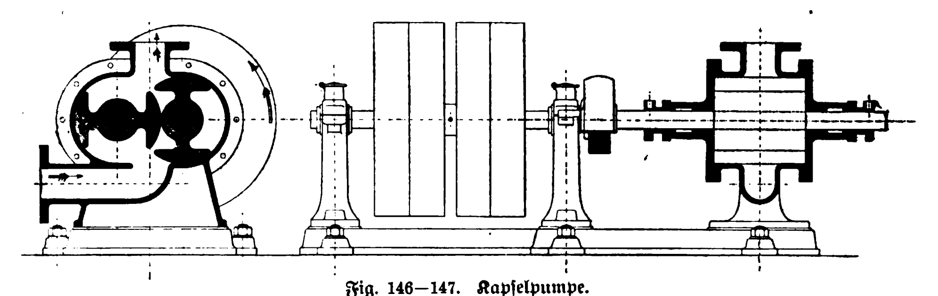
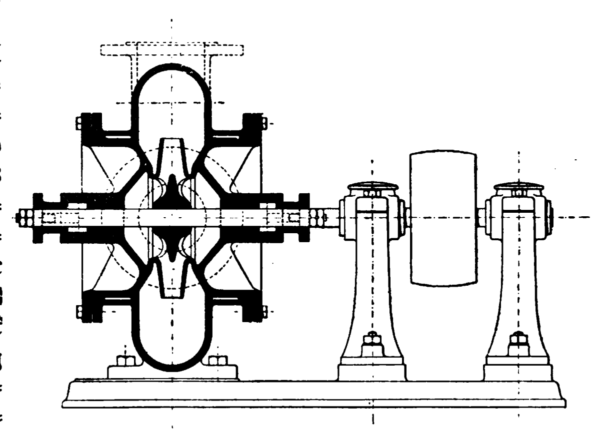


Fig. 146—147. Kapselpumpe.

8. **Kreisel- oder Centrifugalpumpe.** Durch ein sich schnell drehendes Schaufelrad wird die Flüssigkeit nach dem Prinzip der Schraube vorwärts geschoben und außerdem durch die Schleuderkraft mit einem der Drehgeschwindigkeit entsprechenden Druck nach dem Umfang des Schaufelrades gedrückt. Sind die Formen und Abmessungen der Pumpe vom Eintritt bis zum Ausgang der Flüssigkeit richtig gewählt, so daß diese nirgends einen Stoß erfährt, wodurch der Nutzeffekt sehr stark beeinträchtigt wird, und entspricht die Umdrehungszahl der Förderhöhe, so verdienen diese Pumpen die volle Beachtung der Praktiker, namentlich zum Transport sehr großer Massen. Es giebt aber in der Praxis nur wenige wirklich gute Schleuderpumpen. Dieselben werden in Brauereien ebenso wie die Kapselpumpe im Sudhause benutzt.



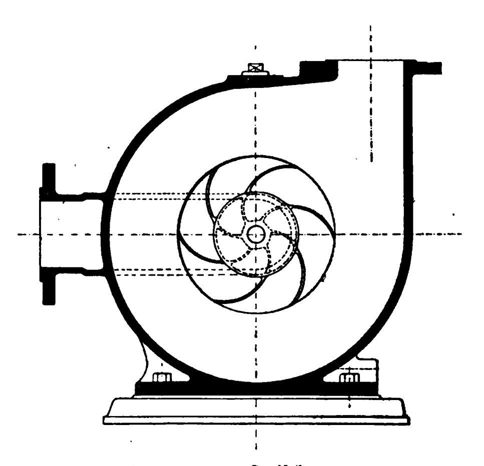


Fig. 148—149. Kreiselpumpe.

9. Würgelpumpen werden für untergeordnete Zwecke gebraucht. Es sind dies Kolben- oder Kapselpumpen mit hin- und herschwingendem Hand-

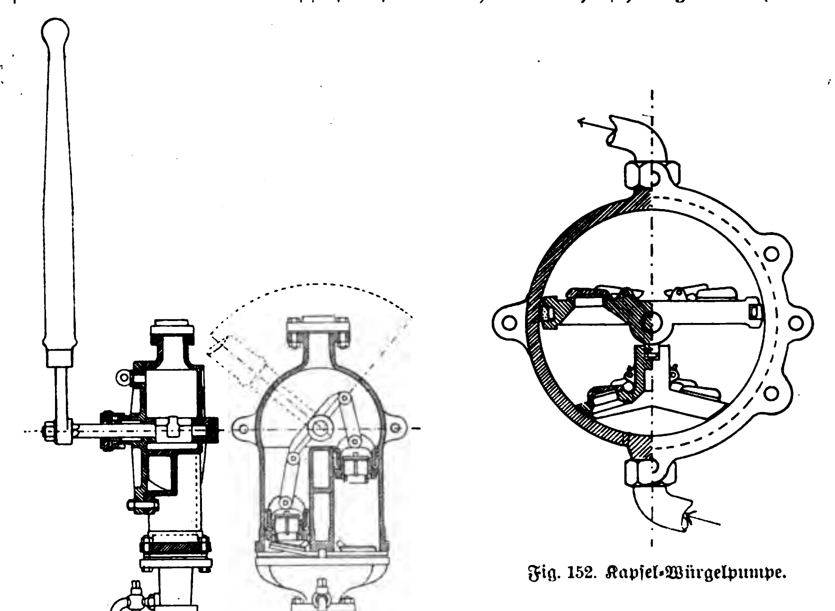


Fig. 150—151. Kolben-Würgelpumpe.

Fig. 152. Kapsel-Würgelpumpe.

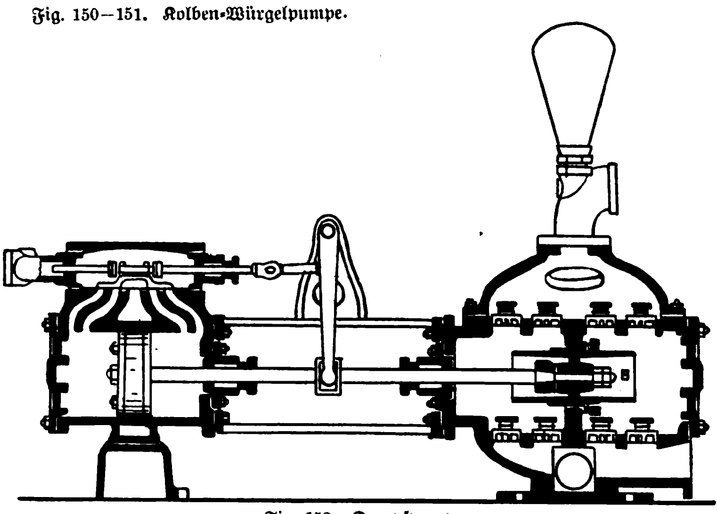


Fig. 153. Dampfpumpe.

hebel. Von der großen Zahl verschiedener Bauarten sind zwei derselben, die sich gut bewährt haben, nebenstehend dargestellt. Die rechts stehende

Pumpe stammt von R. Schäffer in Breslau; das untere Stück mit den Saugventilen steht in der Kapsel fest, das obere mit den Druckventilen wird hin und her bewegt; zum dichten Anschluß an die Kapselwand sind in dem schwingenden Kolben besondere auswechselbare Spannkeile eingelegt.

10. Schwungradlose Dampfpumpen, die in der Praxis sehr beliebt sind, weil sie überall ohne Rücksicht auf das Vorhandensein einer Triebwerkswelle und deren Lage aufgestellt werden können, müssen als Dampffresser bezeichnet werden und sollte man dieselben nur, wenn zwingende Gründe vorliegen, aufstellen. Derartige Pumpen gebrauchen für ein Stundenpferd oft über 40 kg Dampf, während eine größere Dampfmaschine etwa 10 kg gebraucht. Der hohe Dampfverbrauch erklärt sich durch die fehlende oder unvollkommene Expansion des Dampfes. Für diese Dampfpumpen ist es besonders nothwendig, daß der Abdampf zum Heizen des Warmwassers noch nutzbar gemacht wird.

11. Pulsometer haben außer den selbstthätig gesteuerten Ventilen keine bewegten Theile und bedürfen keines mechanischen Antriebes, nur Dampf ist zum Betriebe erforderlich. Durch die Verflüssigung desselben und die dadurch entstehende Luftverdünnung wird das Wasser in die eine Kammer des Pulsometers eingesaugt, während der Dampfdruck das vorher angesaugte Wasser aus der anderen Kammer in das Steig- oder Druckrohr empordrückt. Die Form der Kammern wird so gewählt, daß der Dampf bei seinem Eintritt in die gefüllte Kammer nur mit einer kleinen Oberfläche des Wassers in Berührung kommt, welches, ruhig dem Drucke nachgebend, keine große Verflüssigung des Dampfes hervorruft, bis die Oeffnung

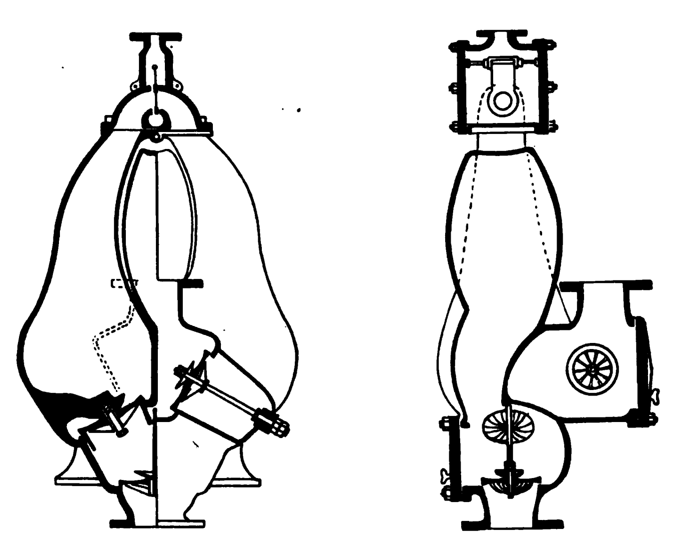


Fig. 154—155. Pulsometer.

für das Ausflußrohr erreicht ist, wo dann durch den mehrfach größeren Wasserspiegel eine plötzliche Aufwallung des Wassers Platz greift und die Verflüssigung des Dampfes und der Beginn eines Unterdruckes eingeleitet wird, wodurch zunächst das Dampfeingangsventil umgesteuert wird und bei einer weiteren Verflüssigung des jetzt eingeschlossenen Dampfes das Ansaugen des Wassers erfolgt. Durch die Verbesserung der Kreiselpumpen und durch nicht ganz zu vermeidende Erwärmung des geförderten Wassers werden Pulsometer trotz ihrer sonstigen Vorzüge nicht mehr so viel benutzt, wie vor einigen Jahren.

12. Der Hydraulische Widder befördert durch die lebendige Kraft des fließenden Wassers ein Theil desselben in die Höhe, derselbe findet in der Praxis wenig Anwendung.

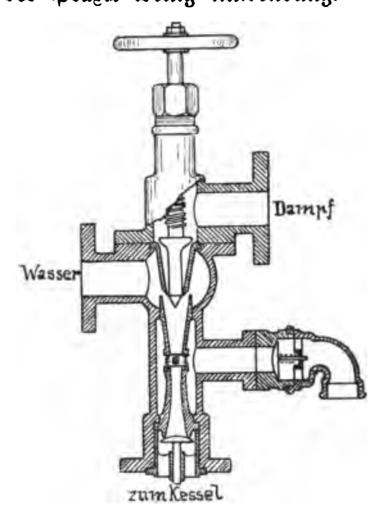


Fig. 156. Injektor.

13. Dampfstrahlpumpe oder Injektor wird als zweite gesetzlich vorgeschriebene Dampfkesselspeisepumpe fast in jedem Kesselhause benutzt. Die Wirkungsweise einer einfachen Strahlpumpe ist aus der Zeichnung ohne Weiteres verständlich. Es ist hier der Injektor von Schäffer & Buddenberg in Buckau-Magdeburg dargestellt. Außerdem ist der Körting'sche Doppel-Injektor, der ebenfalls eine große Verbreitung gefunden hat im Längs- und Querschnitt auf der folgenden Seite gezeichnet. Durch die Bewegung des Handhebels wird zunächst das kleine linke Dampfventil gehoben, der durch die Düse blasende Dampf erzeugt ein Vakuum und saugt Wasser durch das seitliche Wasserrohr an, welches durch die daruntersitzende Mischdüse zunächst durch das Schlabberrohr nach Unten ausgeblasen wird. Bei weiterer Drehung des Handhebels wird auch das zweite größere rechte Dampfventil geöffnet und der Schlabberhahn, welcher durch eine Lenkstange mit dem Handhebel verbunden ist, allmählich geschlossen, das angesaugte Wasser des linken Injektors wird noch einmal von der großen rechten Dampfdüse angesaugt, um schließlich nach der Seite durch das Druckventil nach dem Dampfkessel befördert zu werden.

Gute Injektore fördern noch 65° C. warmes Wasser.

2. Die Prüfung einer Wasserpumpe

geschieht durch Ermittelung des Nutzeffektes derselben. Der Nutzeffekt stellt das Verhältniß dar zwischen der praktischen und theoretischen Leistung und

wird gewöhnlich in Prozenten ausgedrückt. Vorzüglich ausgeführte Pumpen geben 0,95 oder 95 v. H., noch gute Pumpen 0,875 und gewöhnliche etwa 0,80 oder 80 v. H. Nutzeffekt.

Die theoretische Leistungsfähigkeit einer doppelt wirkenden Pumpe ist der von dem Kolben durchlaufene Raum — das Hubvolumen — und wird durch Multiplikation der Kolbenfläche mit der Geschwindigkeit des Kolbens erhalten. Wenn die Pumpe einfach wirkend ist, also nur beim Aufgang des Kolbens Wasser ansaugt, ist die Leistung halb so groß.

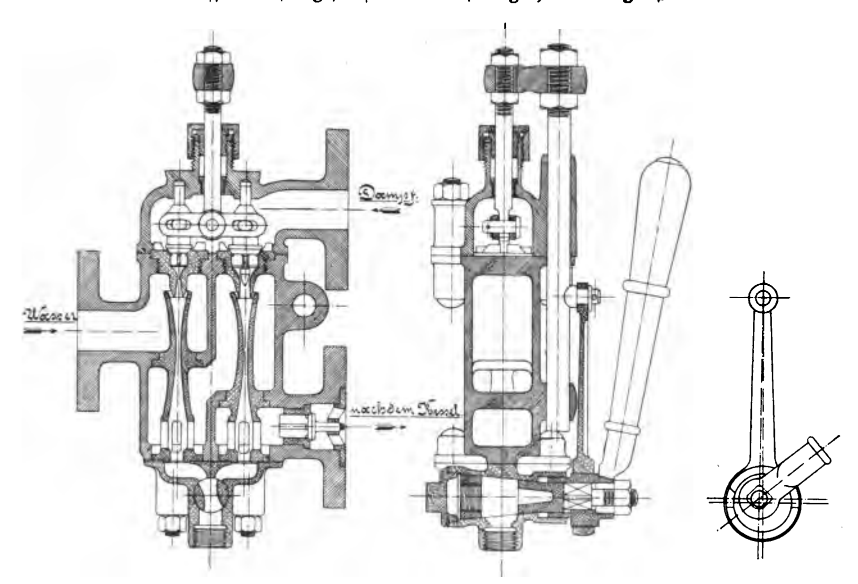


Fig. 157—159. Doppelinjektor.

Wenn der Kolbendurchmesser einer doppelt wirkenden Pumpe 100 mm = 1 dcm, der Hub 250 mm = 2,5 dcm beträgt und die Pumpe in der Minute 39 Drehungen macht, so ist die theoretische Leistung in der Zeit:

$$\frac{1^2 \cdot 3{,}14}{4} \cdot 2{,}5 \cdot 39 \cdot 2 = 0{,}785 \cdot 195 \text{ cbdcm}$$

$$= 153{,}075 \text{ cbdcm}$$

und in der Stunde $153{,}075 \cdot 60 = 9184{,}5$ cbdcm oder Liter.

Die praktische Leistungsfähigkeit einer Pumpe, also die wirklich geförderte Wassermenge, wird in dem Wassergefäß gemessen, in das die Pumpe das Wasser schafft.

Das Wassergefäß auf dem Boden ist 2,75 m = 27,5 dcm lang, 1,80 m = 18,0 dcm breit, die Ecken sind mit einem Radius von 160 mm = 0,16 dcm abgerundet. Der Wasserspiegel des Gefäßes beträgt:

$$27{,}5 \cdot 18{,}0 - \left(3{,}2^2 - \frac{3{,}2^2 \cdot 3{,}14}{4}\right) = 492{,}8 \text{ qdcm.}$$

Die Wasserhöhe im Gefäß ist bei Beginn des Versuchs 670 mm = 6,70 dcm und die Pumpe füllt dasselbe in 10 Minuten bis auf 947 mm = 9,47 dcm, hat also 9,47 – 6,70 = 2,77 dcm Höhe geschafft. Die geförderte Wassermenge beträgt in 10 Minuten:

$$492{,}8 \cdot 2{,}77 = 1365{,}05 \text{ cbdcm}$$

und in einer Stunde:

$$1365{,}05 \cdot 6 = 8190{,}3 \text{ cbdcm} = \text{Liter.}$$

Der Nutzeffekt der Pumpe ist demnach:

$$\frac{8190{,}3}{9184{,}5} = 0{,}8917$$

oder 89,17 v. H.

Zur schnelleren Messung des geförderten Wasserquantums kann ein Maßstab angefertigt werden, der nach der Größe des Wasserspiegels des Sammelgefäßes getheilt wird. Die Höhe von 1 dcm bei einer Spiegelgröße von 492,8 qdcm entspricht 492,8 Liter. Wenn 1 m Länge auf dem Stab in 4928 gleiche Theile getheilt wird, so macht die Entfernung von einem Theilstrich zum anderen in dem Gefäß 1 Liter aus. Die Theilung des Maßes übernimmt die Glasbläserei der Versuchs- und Lehranstalt für Brauerei für 1 Mk.

3. Kraftbedarf der Pumpen.

Der theoretische Kraftbedarf einer Pumpe ist das Produkt aus dem Gewicht der während einer Sekunde geförderten Wassermenge in Kilogramm und der Förderhöhe vom Wasserspiegel im Brunnen bis zur Ausflußöffnung des Druckrohres in Meter ausgedrückt; dieses Produkt giebt Meterkilogramm an, durch Division mit 75 erhält man den Kraftbedarf in Pferden.

Für Reibung in der Pumpe selbst muß noch ein Zuschlag gemacht werden, welcher von der Güte der Ausführung und Bauart der Pumpe abhängig ist und im Mittel 1,25 bis 1,5 beträgt. Für die Reibung in langen Druck- und Saugeleitungen und für die Uebertragung der Triebwerke muß noch ein weiterer Zuschlag gemacht werden, und ist es in der Praxis üblich, den theoretischen Kraftbedarf mit 2 zu multipliziren, um auf alle Fälle auszureichen.

Die oben berechnete Wassermenge von 136,5 Litern in der Minute oder 2,275 Liter = kg in der Sekunde wird bis zur Pumpe 4,3 m hoch angesaugt und 17,5 m hoch gedrückt, zusammen also 4,3 + 17,5 = 21,8 m hoch befördert. Der Kraftbedarf ist theoretisch:

$$2{,}275 \cdot 21{,}8 = 49{,}6 \text{ mkg}$$

$$= \frac{49{,}6}{75} = 0{,}66 \text{ Pferde,}$$

einschl. der Widerstände in den Rohrleitungen und Ventilen, ferner der Reibungsverluste der Vorgelege und der Treibriemen kann der Kraftbedarf höchstens angenommen werden: 0,66 · 2 = 1,32 Pferde.

4. Wasserbedarf einer Brauerei.

Derselbe kann allgemein nach dem Jahresumsatz an Bier nicht angegeben werden, weil er von der Größe des Sudwerkes und namentlich davon abhängig ist, ob eine Kühlmaschine betrieben wird oder nicht.

1. Das Sudhaus gebraucht täglich ungefähr das Doppelte des täglich erzeugten Bieres.
2. Der Kühlapprat das 2,5fache.
3. Die Schwankhalle, der Gähr- und Lagerkeller das 2,5fache, mit Flaschenkeller das 3,0fache.
4. Der Dampfbetrieb ausschließlich Kühlmaschine das 1,0fache.
5. Die Mälzerei für je 1 Ctr. Gerste täglich 3,5 hl.
6. Die Kühlmaschine siehe diese.

Für eine Brauerei von 10000 hl Jahresumsatz würde hiernach täglich Wasser gebraucht, wenn 250 Sudtage angenommen, also 40 hl Bier an einem Sudtage erzeugt werden:

für das Sudhaus das Doppelte = 2.40 . . . . . = 80 hl
für den Kühlapparat das 2,5fache = 40.2,5 . . . = 100 „
für die Schwankhalle, die Gähr- und Lagerkeller das 2,5fache = 2,5.40 . . . . = 100 „
Dampf- und Eismaschine gebrauchen bei 10stünd. Betriebe 10·80 . . . . = 800 „
Zusammen . . . 1080 hl

Die Mälzerei muß $\frac{10\,000}{2}$ = 5000 Ctr. Gerste im Jahre verarbeiten. Rechnet man die Dauer der Mälzerei-Kampagne auf $8\frac{1}{2}$ Monate = rund 250 Tage, so müssen täglich 20 Ctr. Gerste gemälzt werden, welche 3,5 hl Wasser für je 1 Ctr. erfordern. Die Mälzerei gebraucht demnach 3,5·20 = 70 hl Wasser täglich.

Sollen 15000 hl Bier im Jahre umgesetzt werden, so muß bei gleich großem Sudwerke an einzelnen Tagen doppelt gebraut werden. Es verbrauchen alsdann:

das Sudhaus 2.80 . . . . = 160 hl
der Kühlapparat 2,5.80. . . . . = 200 „
die Schwankhalle u. s. w. rund . . . . 150 „
Dampf- und Eismaschine bei 15stündigem Betriebe 1200 „
Zusammen . . . 1710 hl

Der Wasserverbrauch der Mälzerei ergiebt sich entsprechend bei 250 Mälztagen zu $\frac{15\,000}{2 \cdot 250} \cdot 3{,}5 = 105$ hl.

Die Wasserpumpe muß also stündlich rund 100 bis 120 hl für 10000 hl Jahresumsatz einschl. Mälzerei und Kühlmaschine schaffen; für 15000 hl Bier stündlich 180 bis 190 hl. Zur Reserve ist noch eine zweite gleich große Pumpe erforderlich.

Man wähle möglichst 2 Wassersammelgefäße, welche jedes einzeln von der Pumpe gefüllt und mit der Wasserleitung verbunden bezw. abgesperrt werden kann. Die Größe der Sammelgefäße macht man gleich der doppelten Stunden-Leistung der Wasserpumpe.

Die Brauerei von 10000 hl Jahresumsatz gebraucht also zwei Wassergefäße, je 100 hl; die von 15000 hl zwei Gefäße von je 180 hl Inhalt.

Angewandte Elektrizität.

Von E. Haack.

1. Dynamomaschinen.

1. Die Erzeugung der elektromotorischen Kraft.

Ueber das Wesen der Elektrizität ist Bestimmtes nicht bekannt, man sieht jedoch zur Zeit die Bewegung kleinster Theilchen, wie auch bei der Erscheinung des Lichtes und der Wärme, als Ursache für die Entstehung elektrischer Kräfte an. Ob mit Recht oder Unrecht, ist für die hier auszuführenden Erörterungen gleichgültig, denn dasjenige, was uns interessirt, sind lediglich die Erscheinungen, welche als Aeußerungen der elektrischen Kraft sich geltend machen und zu einer Verwendung und Dienstbarmachung derselben geführt haben.

Elektrische Erscheinungen werden hervorgerufen durch verschiedene Ursachen. Durch Reibung erhält z. B. eine Glasstange elektrisch anziehende Kräfte; der Betrieb einer Hausklingelanlage wird durch chemisch zersetzende Vorgänge bewirkt, die sich in den galvanischen Elementen abspielen. Es giebt nun noch eine ganze Reihe von Vorgängen, welche elektrische Erscheinungen veranlassen, z. B. die Berührung zweier verschiedener Metalle, die Wärmewirkung in den Thermoelementen usw.; jedoch diese angeführten Mittel sind nicht geeignet, Elektrizität in dem Umfange wirksam zu machen, wie es eine elektrische Kraft- oder Beleuchtungsanlage erfordert. Derartige Anlagen, lediglich mit galvanischen Elementen betrieben, würden schon wegen der großen Anschaffungs- und Betriebskosten unmöglich sein, ganz abgesehen von anderen schwerwiegenden Mißständen, die sich der Verwendung galvanischer Elemente entgegenstellen würden. Hätte die Wissenschaft keinen anderen Weg gefunden, elektrische Arbeit zu erzeugen, so wäre es als gänzlich ausgeschlossen zu betrachten, daß die Elektrizität sich das weite Arbeitsfeld, welches sie heute bereits inne hat, jemals hätte erobern können.

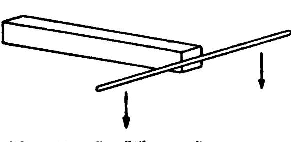


Fig. 160. Geräth zur Erzeugung der Magnetinduktion.

Der Vorgang, welchem die im Großbetriebe angewandte Elektrizität ihre Entstehung verdankt, wird Induktion genannt. Der englische Physiker Faraday hat ihn im Jahre 1831 entdeckt, so daß in dieses Jahr die Geburt der Starkstromtechnik gelegt werden muß.

Induktion tritt unter verschiedenartigen Verhältnissen der Elektrotechnik auf. Für die elektrische Kraftübertragung und Beleuchtung ist folgender Induktionsvorgang von Bedeutung.

Bewegen wir an den Polen eines Stahlmagneten einen Kupferdraht vorbei, und zwar in der auf der Zeichnung (Fig. 160) angegebenen Richtung, so wird in dem Draht während der Dauer der Bewegung eine elektromotorische Kraft erregt (induzirt).

Zum besseren Verständniß der Vorgänge wollen wir annehmen, daß wir überhaupt nicht in der Lage sind, die Elektrizität als solche zu erzeugen — dieselbe wird vielmehr als in allen Körpern vorhanden angenommen. Durch den Induktionsvorgang wird vielmehr in der gewissermaßen ruhenden Elektrizität eine Kraft hervorgerufen, unter deren Einfluß sich die Elektrizität zu bewegen, zu fließen und Arbeit zu leisten vermag. Diese Kraft, welche wir also durch das Vorbeiführen des Drahtes an dem Magnetpol in der in dem Draht befindlichen Elektrizitätsmenge erzeugen, nennt man „elektromotorische Kraft".

Zum Erzeugen der elektromotorischen Kraft oder Spannung, wie sie auch kurz in der Elektrotechnik bezeichnet wird, dienen nun Maschinen, deren Konstruktion darauf hinausläuft, daß Kupferdrähte in bestimmter Anordnung an Magneten vorbeibewegt werden.

2. Die einfachste Form der Dynamomaschinen

zeigt Fig. 161.

Eine einzelne rechteckige Drahtschleife dreht sich in dem Raume zwischen den beiden Polen eines starken Magneten.

Dieser Raum zwischen den Magnetpolen, in welchem magnetische Kräfte wirksam sind, wird magnetisches Feld genannt.

In dem magnetischen Feld sind die magnetischen Kräfte nicht gleichmäßig vertheilt, sondern sie äußern sich besonders im Verlaufe von Linien, welche gemäß Fig. 161 sich von Pol zu Pol herüber ziehen.

Diese Linien, Kraftlinien genannt, sind unsichtbar. Thatsächlich sind sie stets vorhanden und können auf verschiedene Arten, z. B. durch Ausstreuen von feinen Eisenfeilspähnen, zur Erscheinung gebracht werden.

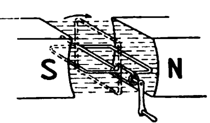


Fig. 161. Drahtschleife im Magnetfelde.

Bei der Drehung der Drahtschleife vermittelst der Kurbel (s. Fig. 161) werden die Kraftlinien geschnitten. Durch diesen Vorgang wird in der Drahtschleife eine elektromotorische Kraft oder Spannung erzeugt, unter deren Einfluß sich die dort im Ruhezustande befindliche Elektrizität fortzubewegen und, wenn sie nach geeigneten Apparaten geleitet wird, Wärme zu erzeugen oder auch Arbeit zu leisten vermag.

Liegt die Ebene der Drahtschleife wagerecht, so ist die Zahl der von rechts nach links hindurchtretenden Kraftlinien gleich Null. Wird die Schleife gedreht, so steigt die Zahl der hindurchtretenden Kraftlinien allmählig, bis sie bei senkrechter Stellung der Schleife ihr Maximum erreicht. Durch diese Aenderung der durch die Schleife hindurchtretenden Kraftlinienzahl wird während der halben Drehung eine elektromotorische Kraft in der Schleife erzeugt (induzirt), unter deren Einfluß die im Draht befindliche Elektrizität, der elektrische Strom, sich in der Richtung von rückwärts nach vorwärts in dem links sich hebenden Schleifentheile und in entgegengesetzter Richtung — nach rückwärts — in dem sich senkenden Schleifentheile bewegt.

Sobald die Drehung 180° überschreitet, findet die Induktion und damit die Einwirkung der elektromotorischen Kraft auf die Elektrizität im umgekehrten Sinne statt; denn die Zahl der durch die Schleife hindurchtretenden Kraftlinien nimmt beim Schneiden derselben allmählich ab, so daß der elektrische Strom von der erzeugten elektromotorischen Kraft in entgegengesetzter Richtung getrieben wird.

Wäre jedes Schleifenende mit einem besonderen Metallringe auf der Achse verbunden und läge gegen jeden Ring eine Feder an, so würden durch einen mit diesen Federn verbundenen Drahtkreis Ströme von dauernd wechselnder Richtung, Wechselströme, fließen.

Soll jedoch der Apparat zur Lieferung von Strömen mit dauernd gleicher Richtung, Gleichströmen, geeignet sein, so muß ein besonderes Hülfsmittel, ein Stromwender, angewendet werden.

Fig. 162. Stromwender.

Dieser Stromwender besteht aus einer der Länge nach in zwei Theile zerschnittenen Metallröhre und ist auf einem Cylinder von Hartholz oder einem anderen isolirenden Material befestigt. Gegen den Stromwender drückt ein Paar metallischer Federn oder Bürsten, Fig. 162, welche die Ströme zum äußeren Stromkreise führen.

Wenn die Bürsten so gestellt werden, daß der eine Theil der gespaltenen Röhre von der Berührungsstelle mit der Bürste fort- und der andere Theil zu derselben hingleitet, so werden in dem Augenblicke, in dem die Schleife die Stelle im Felde durchläuft, wo die Induktion sich umkehrt, die in der Schleife induzirten Wechselströme gewendet und in gleicher Richtung in den äußeren Stromkreis hineingeleitet.

Eine Dynamomaschine ist demnach eine Maschine, welche durch Bewegung von Kupferdrähten im magnetischen Felde derart, daß die magnetischen Kraftlinien geschnitten werden, elektromotorische Kräfte erzeugt, unter deren Einfluß die in den Kupferdrähten befindliche Elektrizität bewegt wird und Arbeit zu leisten im Stande ist.

Die Elektrizität wird von den Bürsten am Stromwender abgenommen, durch Drähte in den Außenleiter geführt; gewissermaßen unter Pressung durch die elektromotorische Kraft (Spannung) kann sie hier Widerstände, z. B. die dünnen Kohlenfäden der Glühlampe, durchfließen, wodurch dieselben erwärmt und zum Leuchten gebracht werden. Nach dem Durchströmen der Lampenfäden ist wegen des großen Widerstandes, den die Elektrizität dort fand, die elektromotorische Kraft derselben gebrochen, sie fließt auf der Rückleitung wieder in die Maschine zurück, um hier in den Drähten aufs Neue mit elektromotorischer Kraft, mit Arbeitsvermögen, begabt zu werden und ihren Weg wiederum anzutreten. Ein Kreislauf ist es also, den wir bei der Wirksamkeit der Dynamomaschine vor uns haben.

Vergleichbar ist dieser Vorgang mit der Arbeit einer Wasserpumpe, welche Wasser aus einem tiefgelegenen Behälter, z. B. einem Teiche, schöpft, wo es Arbeitsvermögen nicht besitzt. Die Pumpe drückt das Wasser nach einem Hochreservoir. Von hier herabfließend, kann das Wasser unter dem Einfluß des Gefälles, das es jetzt besitzt, auf dem Wege nach dem Teiche hin Wasserräder, Turbinen treiben, Widerstände überwinden, Arbeit leisten, so lange, bis es alles Arbeitsvermögen abgegeben hat und nach seinem Ausgangspunkte, dem Teiche, wieder hingelangt ist. Die Pumpe ist nun von Neuem in der Lage, dem Wasser durch Hochheben desselben nach dem Hochreservoir Arbeitsfähigkeit zu verleihen, ohne daß sie selbst das Wasser erzeugt.

In derselben Weise haben wir uns die Thätigkeit der Dynamomaschine vorzustellen, welche nicht Elektrizität erzeugt, sondern dieselbe nur mit Arbeitsvermögen begabt, so daß sie, um bei dem Bilde zu bleiben, eine Elektrizitätspumpe darstellt.

3. a) Einfluß der Maschinenkonstruktion auf die Spannung und die Strommenge.

Die Größe der erzeugten elektromotorischen Kraft ist abhängig von:

1. der Stärke der Magnetpole, d. h. der Zahl der magnetischen Kraftlinien im magnetischen Felde;
2. der Geschwindigkeit, welche die Kupferdrähte beim Schneiden der Kraftlinien besitzen;
3. der Anzahl der hintereinander geschalteten Leiter. Besteht die Drahtschleife aus mehreren Windungen, so addiren sich die in den einzelnen Theilen erzeugten elektromotorischen Kräfte; deshalb kann man eine sehr hohe elektrische Kraft erhalten, wenn man zahlreiche Windungen in geeigneter Verbindung anwendet.

Die Menge der bewegten Elektrizität, die Strommenge, wächst mit der Dicke der Drahtwindungen, welche die Kraftlinien schneiden,

d. h. sie ist umgekehrt proportional dem Widerstande des Drahtes, in welchem sie bewegt wird, ebenso wie die Wassermenge, welche in einem Rohr fließt, in direktem Zusammenhange steht mit dem Querschnitt dieses Rohres.

Ferner übt die Größe der elektromotorischen Kraft, welche auf die Elektrizität einwirkt, einen Einfluß auf die Menge derselben aus, welche sich durch einen Leiter bewegen soll. Ebenso wie ein Wasserstrom durch dasselbe Rohr, je nach dem Druck, unter dem es steht, in größerer oder geringerer Menge fließen wird.

b) Das Ohm'sche Gesetz.

Dieser Zusammenhang zwischen elektromotorischer Kraft, Elektrizitätsmenge und Widerstand in dem Drahtleiter wird ausgedrückt durch das Ohm'sche Gesetz:

$$\text{Elektrizitätsmenge} = \frac{\text{elektromotorische Kraft}}{\text{Widerstand}}$$

d. h. die im Leiter bewegte Elektrizitätsmenge ist direkt proportional der elektromotorischen Kraft und umgekehrt proportional dem Widerstand in diesem Leiter.

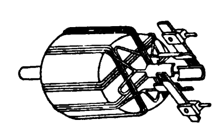
Dieses Ohm'sche Gesetz, so leicht es zu verstehen ist, läßt sich auf die meisten der uns entgegentretenden Vorgänge bei Beurtheilung elektrischer Anlagen anwenden und bringt den Zusammenhang der Erscheinungen dem Verständniß nahe.

4. Beschreibung der Dynamokonstruktion. (Dynamisches Prinzip.)

Zur Erzeugung starker elektromotorischer Kräfte (Spannungen) wird bei Bau von Dynamomaschinen die Windungszahl der drehbaren Kupferdrähte erhöht, so daß sogenannte Spulen entstehen.

Um den Strömen ununterbrochenen Zusammenhang zu geben, wird der oben beschriebene zweitheilige Stromwender in einen vieltheiligen zerlegt, an dessen einzelnen Stücken wieder die Enden einer ebenso großen Spulenzahl angebracht werden.

Die Spulen sind so anzuordnen, daß immer ein Satz in Thätigkeit ist, wenn die Wirksamkeit der anderen aufhört. Fig. 163 stellt einen mit zwei Spulenpaaren in rechten Winkeln zu einander bewickelten rotirenden Körper, welcher im Innern mit einem Eisenkern versehen ist, nebst einem viertheiligen Stromwender und Bürsten dar. Da dieser Drehkörper sich zwischen zwei Magnetpolen bewegt, so wird derselbe allgemein „Anker" genannt. Der Eisenkern hat den Zweck, die magnetischen Kraftlinien von Pol zu Pol in großer Anzahl hinüberzuleiten und eine Streuung derselben zu ver-


Fig. 163. Ankerwickelung.

meiden, damit möglichst viele durch die Kupferdrähte der Spulen geschnitten werden.

Der vieltheilige Stromwender, welcher in nichtleitender Verbindung auf der Achse des Ankers befestigt ist, wird Stromsammler, auch Kollektor oder Kommutator genannt.

Die Magnete sind bei den jetzt gebräuchlichen Maschinen nicht permanente Stahlmagnete, sondern bestehen aus Guß- oder Schmiedeeisen, in jedem Eisen bleibt, sobald es aus irgend einer Ursache einmal magnetisch wurde, selbst nach Aufhören dieses Einflusses, wenn auch nur in geringem Grade, eine magnetische Kraft zurück, die man remanenten Magnetismus nennt.

Der remanente Magnetismus der Gußpole sendet seine wenigen Kraftlinien in das magnetische Feld, wo dieselben von der Drahtwickelung des sich drehenden Ankers geschnitten werden. Sofort entsteht eine schwache elektromotorische Kraft in den Drähten, unter deren Einfluß die dort ruhende Elektrizität ins Fließen gebracht wird. Dieselbe fließt nach dem Kollektor, wird hier von der einen Bürste aufgenommen und in der in Fig. 164 mit Z bezeichneten Zweigleitung um die Gußschenkel geleitet. Dieser in Spiralwindungen um die Gußschenkel kreisende Strom erzeugt in dem Eisen einen stärkeren Magnetismus, Elektromagnetismus genannt.

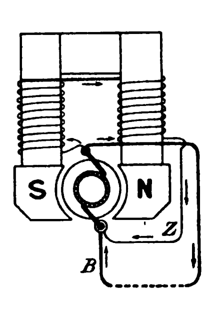


Fig. 164. Nebenschlußdynamo.

In Folge dessen verstärkt sich das magnetische Feld, die Anzahl der Kraftlinien wächst, die erzeugte elektromotorische Kraft in den Windungen des Ankers steigt und schickt einen stärkeren Strom in die Schenkelwickelung, wo er wiederum einen stärkeren Magnetismus hervorruft, so daß auf diese Weise die Maschine ihre Spannung aus sich heraus erzeugt, sich gewissermaßen selbst so weit in die Höhe arbeitet, daß der von ihr ausgesandte Strom auch in das Netz geleitet werden kann, und die ihm sich z. B. in den Glühlampen bietenden Widerstände überwinden und Arbeit zu leisten vermag, bis er dann, nachdem er seine Spannung verloren, in dem Rückleitungsdraht B (Fig. 164) wieder unter Vermittelung der Bürste und des Kollektors in die Ankerwickelung zurückfließt, wo er von neuem mit Arbeitsvermögen begabt wird.

Dieser Vorgang, welcher die Spannung der Dynamomaschine aus allerkleinsten Anfängen zu jeder beliebigen Höhe sich heraufarbeiten läßt, wird dynamisches Prinzip genannt. Dasselbe ist entdeckt worden und zuerst angewandt von dem Begründer der Weltfirma Siemens & Halske, Werner von Siemens, im Jahre 1867.

Erst unter Benutzung dieses Vorganges konnte sich die Starkstromtechnik ausbreiten, denn in der Verwendung von Stahlmagneten lag wegen der Kostspieligkeit und geringen Regulirfähigkeit eine Fessel, welche den Bau von Maschinen mit bedeutenden Leistungen gehindert hätte.

5. Die Regulirung der Dynamomaschine.

Die Regulirung der elektromotorischen Kraft (Spannung) wird bei einer im Betriebe befindlichen Dynamomaschine durch Veränderung der Magnetstärke erzielt, da die erzeugte Spannung mit der Stärke der Magnete (Anzahl der Kraftlinien) steigt und fällt.

Hat man es in der Hand, die Menge des um die Magnetschenkel in der dünnen Nebenschlußleitung kreisenden Stromes, welcher zur Erregung der Magnete dient, zu verändern, so ändert sich damit auch in demselben Sinne die zu erzeugende Spannung, welche die Elektrizität aus den Kupferdrahtwindungen des Ankers in das Leitungsnetz preßt.

Eine Vorrichtung, welche diesem Zweck dient, ist der in Fig. 165 mit R bezeichnete Nebenschlußregulator. Derselbe besteht aus einem System von Drahtspiralen, welche sämmtlich mit einander verbunden sind. Das Material, aus dem diese Spiralen zusammengesetzt sind, bietet dem elektrischen Strom beim Hindurchfließen einen bedeutenden Widerstand. Durch den Hebel H ist man in der Lage, mehr oder weniger von diesem Widerstand in die Nebenschlußleitung einzuschalten, wodurch die zur Magnetisirung dienende Strommenge in dem einen oder dem anderen Sinne beeinflußt, geregelt wird.

Regulirt wird an der Maschine durch derartige Apparate überhaupt nur die Spannung, während die Strommenge sich von selbst ändert mit der Zahl der ein- oder ausgeschalteten Lampen, d. h. durch Veränderung des Widerstandes in der Außenleitung. Ist z. B. nur eine der mit L (Fig. 165) bezeichneten Lampen eingeschaltet, so hat der Strom, welcher in Leitung I von der Maschine kommt, nur diesen einen Weg, um nach der Rückleitung II und durch diese wieder nach der Maschine zurückzugelangen.

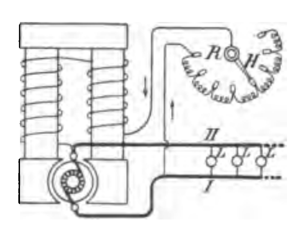


Fig. 165. Nebenschlußdynamo mit Regulirwiderstand.

Da der dünne Kohlenfaden in der Glühlampe ihm beim Passiren desselben einen bedeutenden Widerstand entgegensetzt, so kann die im Stromkreis sich bewegende Strommenge auch nur klein sein. Schaltet man eine zweite und dritte Glühlampe in der in Fig. 165 angedeuteten Weise zu, so ist es klar, daß der Strom drei Wege hat, auf welchen er von Leitung I nach Leitung II gelangen kann. Der Widerstand im Netz ist demnach dreimal so klein geworden, und nach dem Ohm'schen Gesetz wird sich die von der Maschine ausgesandte Strommenge gegenüber der ersten Schaltung verdreifachen — falls die Spannung dieselbe bleibt. Daß dieses geschieht, dafür sorgt die Handhabung des Nebenschlußregulators R.

Wie verhält sich die von der Maschine erzeugte Spannung, wenn der Widerstand in der Außenleitung bei Ein- und Ausschalten von Lampen und Motoren sich ändert?

Die Spannung sinkt, sobald der Widerstand in den die beiden Hauptleitungen I und II verbindenden Leitertheilen, z. B. beim Einschalten von Glühlampen, geringer wird. Da nämlich von der Hauptleitung sich die Magnetwickelung abzweigt (Fig. 165), so wird bei Verringerung des Außenwiderstandes der von der Maschine ausgehende Strom mehr Neigung haben, in die Hauptleitung zu fließen, und während er an der Nebenleitung vorüberströmt und nur ein wesentlich kleinerer Theil als vorher in dieselbe hineingedrängt wird, sinkt die Spannung, da nun nicht mehr die zur Aufrechterhaltung derselben nothwendige Strommenge um die Magnetschenkel kreist.

Das Umgekehrte tritt ein, sobald man den Widerstand in der Außenleitung, z. B. durch Ausschalten von Lampen, vergrößert; die Spannung wird dann steigen.

In beiden Fällen wird durch Handhabung des Regulirwiderstandes der um die Schenkel kreisende Strom auf das ursprüngliche Maß zurückgebracht und damit die Spannung dauernd auf gleicher Höhe erhalten.

6. Maßeinheiten.

Für die drei elektrischen Grundgrößen: elektromotorische Kraft (Spannung), Stromstärke und Widerstand, sind Maßeinheiten festgesetzt worden, die aus den Beziehungen der Ersteren zu den Grundeinheiten der Länge, Masse und Zeit abgeleitet sind.

Man hat dieselben mit den Namen berühmter Physiker belegt, die sich um die Entdeckung und die Erkenntniß der elektrischen Erscheinungen besonders verdient gemacht haben.

Einheit der Stromstärke ist das Ampère; dasselbe ist gleich demjenigen Strome, welcher durch eine Lösung von salpetersaurem Silber geleitet, daraus in jeder Sekunde 0,001118 g metallisches Silber abscheidet.

Einheit des Widerstandes ist das Ohm. Es ist gleich dem Widerstande einer Quecksilbersäule von 106,3 cm Länge und 1 Quadrat-Millimeter Querschnitt bei 0 Grad. Aus diesen beiden Einheiten ergiebt sich die Einheit der elektromotorischen Kraft, die man Volt genannt hat (nach Volta), vermöge des Ohm'schen Gesetzes. Das heißt, wird ein Ampère durch eine Leitung mit dem Widerstande von 1 Ohm hindurchgeführt, so ist die Spannung (elektromotorische Kraft), die dieses zu Wege bringt, gleich 1 Volt.

7. Kraftverbrauch und Wirkungsgrad der Dynamomaschine.

Die Leistung der Dynamomaschine, die elektrische Energie, wird ausgedrückt durch das Produkt aus Volt und Ampère = Volt-Ampère oder Watt. Strommenge mal Spannung heißt die elektrische Arbeit, gleichwie

das Arbeitsvermögen einer Wassermenge sich darstellt als das Wassergewicht mal dem Gefälle, mit dem dieselbe auf den Umfang eines Wasserrades wirkt.

Wie wir früher gesehen haben, wird die elektrische Energie hervorgebracht durch Drehung des mit Kupferdrähten bewickelten Ankers in dem magnetischen Felde einer Dynamomaschine. Zwischen den Magnetpolen und den vom Strome durchflossenen Drahtleitern findet nun entsprechend der Stärke der Magnete und der Strommenge, welche durch die Ankerwickelung sich bewegt, eine mehr oder minder große Anziehung statt, welche der Drehung entgegenwirkt. Es wird daher, um die Drehung des Ankers ausführen und elektrische Energie erzeugen zu können, Arbeit aufgewendet werden müssen, welche in demselben Maße sich steigern muß, als das von der Dynamomaschine abgegebene Energiequantum wächst, so daß aufgewendete mechanische Arbeit und erzeugte elektrische Energiemenge immer in einem ganz bestimmten Abhängigkeitsverhältniß zu einander sich befinden.

Theoretisch können durch die Leistung einer Pferdekraft = 736 Volt-Ampére an elektrischer Energie erzeugt werden.

Die Erklärung dieser Zahl ergiebt sich aus folgender Ueberlegung: Durchfließt der elektrische Strom einen Leiter, in welchem er in Wärme umgesetzt wird, so wird für jedes Volt-Ampère der elektrischen Arbeit pro Sekunde eine Wärmeabgabe von 0,00024*) Wärmeeinheiten erzeugt. Da nun eine Wärmeeinheit der mechanischen Arbeit von etwa 424 Meterkilogramm gleichwerthig ist und ferner eine in einer Sekunde geleistete Arbeit von 75 Meterkilogramm als eine Pferdestärke bezeichnet wird, so ergiebt sich, daß einer mechanischen Arbeitsleistung von einer Pferdestärke eine elektrische Arbeit von $\frac{75}{424 \cdot 0{,}00024} = \sim 736$ Volt-Ampère entspricht. Diese theoretische Leistung wird nun zwar in Wirklichkeit niemals erreicht, da durch Erwärmung der Maschinentheile, Reibung und andere innere Ursachen immer Verluste auftreten müssen. Die Fabriken sind jedoch bemüht, oder sollten es wenigens sein, die Verluste möglichst klein zu halten, damit der Unterschied zwischen erzeugter eleelektriicher Energie und dem Aequivalent an aufgewendeter mechanischer Arbeit gering bleibt.

Das Verhältniß zwischen elektrischer und mechanischer Energie heißt der

Wirkungsgrad der Maschine,

so daß z. B. eine Dynamomaschine, welche mit einem Kraftverbrauch von 20 Pferden 110 Volt mal 115 Ampère hervorbringt, einen Wirkungsgrad von $\frac{20 \cdot 736}{110 \cdot 115} = 0{,}86$ oder 86 pCt. besitzt.

---

*) 1 Wärme-Einheit ist diejenige Wärmemenge, welche 1 kg Wasser aufnehmen muß, um seine Temperatur um 1 Grad Celsius zu erhöhen.

2. Elektrische Kraftübertragung.

Die elektrische Energie findet als Hülfsmittel bei der Kraftübertragung Verwendung. Wird nämlich die von einer Dynamomaschine erzeugte elektrische Energie auf eine andere ähnlich konstruirte, mit Anker und Magnetkörper ausgestattete Maschine übertragen, so ist diese zweite Maschine, Elektromotor genannt, im Stande, Arbeit zu leisten.

Zu einer elektrischen Kraftübertragungsanlage sind also erforderlich:

1. Eine Kraftcentrale für mechanische Arbeitsleistung (Dampfmaschine, Spiritusmotor, Turbine 2c.).
2. Eine Dynamomaschine, welche mechanische Arbeit von der Kraftcentrale aufnimmt und dafür ein ihrem Wirkungsgrade entsprechendes elektrisches Energiequantum erzeugt.
3. Drahtleitungen zur Ueberführung der elektrischen Energie nach den einzelnen Kraftverbrauchsstellen hin, wo sie
4. von den Elektromotoren aufgenommen wird, welche dafür wieder eine ihrem Wirkungsgrade entsprechende mechanische Energiemenge abzugeben, d. h. mechanische Arbeit zu leisten im Stande sind.

1. Wirkungsweise der Elektromotoren.

Ein Elektromotor ist im Prinzip ebenso gebaut wie eine Dynamomaschine. Führt man den Ankerwindungen wie auch den Magnetwindungen Strom zu, so findet ebenfalls die bei der Dynamomaschine erwähnte Anziehung zwischen den vom Strom durchflossenen Ankerwindungen und den Magnetpolen statt, welche bei der Dynamomaschine der treibenden Kraft entgegenwirkt, hier aber bei dem Motor dazu dient, den Anker zu drehen.

Die Größe der von dem Motor zu leistenden Arbeit hängt ab, in gewissen, durch seine Abmessungen und der Stärke der Wickelungen bedingten Grenzen, von der elektrischen Energiemenge, welche ihm zugeführt wird.

2. Wirkungsgrad der Elektromotoren.

Theoretisch müßten wieder 736 Volt-Ampère, die von dem Motor aufgenommen, ihn zur Abgabe (Leistung) einer Pferdekraft befähigen. Thatsächlich aber finden bei der Umwandlung der elektrischen Energie in mechanische Arbeit, ein Vorgang, in welchem der Motor das Mittel bildet, Verluste durch Reibung, Leitungswiderstände 2c. statt, so daß nicht die volle auf den Motor übertragene elektrische Energiemenge als mechanische Arbeit in Erscheinung tritt. Je nach der Güte des Motors sind diese Verluste größer oder kleiner, entsprechend dem Wirkungsgrade der Maschine. Bei Motoren mittlerer Größe (von 5—6 Pferden) beträgt der Wirkungsgrad etwa 86 pCt. Ein Motor soll z. B. zum Betrieb einer Schrotmühle

dienen und für einen Kraftbedarf von 6 Pferden ausreichen, so würde ohne jeden Verlust der Energieverbrauch $736 \cdot 6 = 4416$ Volt-Ampère betragen. Da aber der Motor der Garantie gemäß nur 86 pCt. der ihm zugesandten elektrischen Energie in Arbeit umzuwandeln vermag, so wird er thatsächlich verbrauchen:

$$\frac{736 \cdot 6}{0{,}86} = 6134{,}88 \text{ V.-A.}$$

Die Anzahl der verbrauchten Ampère wird gefunden durch Division dieses Produktes mit 110, vorausgesetzt, daß die immer gleichmäßige Betriebsspannung 110 Volt beträgt:

$$\frac{5134{,}88}{110} = 46{,}6 \text{ Ampère.}$$

3. Das Anlassen der Motoren

geschieht vermittelst des Anlaßwiderstandes R (Fig. 166). Der von der Dynamomaschine kommende Strom wird in den Hebel H geleitet. Derselbe hat zunächst eine derartige Lage, daß der Strom, bevor er nach dem Anker des Motors gelangt, die gesammten Widerstandsspulen des Anlassers passiren muß. Auf diese Weise wird erreicht daß fürs Erste wenig Strom in die ruhende Ankerwickelung hineingelangt. Würde man zum Anfang sofort den Strom in voller Spannung auf den Anker wirken lassen, so würde wegen des geringen Widerstandes der Ankerwickelung die Strommenge zu einer solchen Höhe anwachsen, daß die Wickelung gefährdet würde.

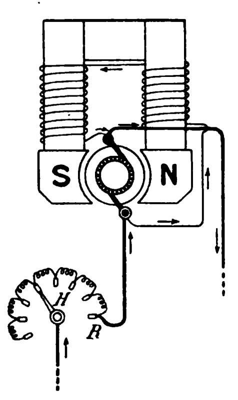


Fig. 166. Motor mit Anlaßwiderstand.

Unter dem Einfluß der geringen Strommenge, die durch die Ankerwickelung fließt, und der von dem Magneten ausgeübten Anziehungskraft — die Magnetwickelung erhält sofort volle Spannung nebst der daraus resultirenden Strommenge — beginnt sich der Anker zu drehen. Nach und nach werden an dem Anlasser immer mehr Widerstände ausgeschaltet, immer stärker wird die auf den Anker wirkende Spannung, bis schließlich, nachdem der Anker seine normale Umfangsgeschwindigkeit erreicht hat, sämmtliche Widerstände des Anlassers ausgeschaltet werden und der Strom mit voller Spannung in die Ankerwickelung gesandt wird. Daß der Strom jetzt die zulässige Höhe nicht überschreitet, dafür sorgt die bei der Drehung des Ankers sich in demselben entwickelnde elektromotorische Gegenkraft, welche in den Ankerwindungen des Motors beim Durchschneiden der Kraftlinien des magnetischen Feldes entsteht und durch ihr Wachsen und Abnehmen entsprechend der Belastung des Motors die Stromaufnahme regelt.

4. Hauptstrommotoren.

Bei dieser Maschinengattung findet eine Abzweigung des Hauptstromes, welchen die Dynamomaschine dem Motor zuführt zur Erregung der Magnete, nicht statt. Es wird vielmehr der gesammte Strom, bevor er durch die Bürsten in die Ankerwickelung geführt wird, in starken Windungen um die Polkerne geleitet und dient zur Erregung derselben.

Die Geschwindigkeit dieser Maschine ändert sich in großen Grenzen mit der Belastung.

Die Motoren sind zum direkten Antrieb von Hebezeugen, Fahrzeugen besonders geeignet, da sie beim Anlaufen eine große Anzugskraft entwickeln.

Sie sind dagegen nicht zu verwenden bei der Uebertragung ihrer Kraft durch Riemen, weil bei etwaigem Abfallen oder Reißen der letzteren in Folge der Schwächung des magnetischen Feldes die Ankergeschwindigkeit bis zur Trennung der einzelnen rotirenden Theile sich steigern würde.

3. Elektrische Beleuchtung.

a) Glühlicht-Beleuchtung.

Ein vom Strome durchflossener Leiter wird durch den Strom erwärmt. Die erzeugte Wärmemenge ist proportional dem Quadrate der Stromstärke und dem Widerstande des Leiters (Joule'sches Gesetz).

Dieser physikalische Vorgang wird benutzt zur Einrichtung der elektrischen Glühlichtbeleuchtung. In den Glühlampen wird ein vom Strome zur Weißgluth erhitzter Draht als Lichtquelle benutzt. Das Material dieses Drahtes muß möglichst hohen spezifischen Widerstand besitzen, so daß es durch eine verhältnißmäßig geringe Strommenge zu der erforderlichen Höhe erhitzt werden kann; ferner soll es bei dauerndem Beharren in der Weißgluth sich nicht verändern.

Diese Eigenschaften besitzt die Kohle. Der Kohlefaden einer Glühlampe hat meistens die Form eines hufeisenförmigen oder zu einer Schlinge gewundenen Bügels. Die Enden desselben sind durch einen leitenden, im Wesentlichen aus Kohle bestehenden Kitt an zwei kurzen Platindrähten befestigt, die ihrerseits in die Wand eines den Kohlefaden umschließenden birnförmigen Glasballons eingeschmolzen sind. Durch ein geeignetes Anschlußstück, die Fassung, wird dem einen Ende des Kohlefadens Strom zugeführt, derselbe durchfließt den Faden, erwärmt ihn zur Weißgluth, verläßt an dem anderen Ende des Fadens die Glühlampe und kehrt wieder zur Dynamomaschine zurück.

Den Faden umschließt eine Glashülle, in welcher Luftleere herrscht. Dieselbe hat den Zweck, Sauerstoff von dem glühenden Faden abzuhalten, da der letztere bei Anwesenheit von Sauerstoff sofort verbrennen würde.

Der Stromverbrauch einer Glühlampe hängt ab von der Helligkeit, welche dieselbe besitzen soll. So verbraucht z. B. eine Lampe mit einer Lichtstärke von 16 Kerzen 0,45 Ampère bei 110 Volt Spannung. Die für den Betrieb der Lampe aufzuwendende elektrische Energie beträgt demnach 0,45 · 110 = 49,5 Watt.

Mit einer Pferdestärke würden zu betreiben sein 11,8 solcher Glühlampen.

Eine Lampe mit einer Lichtstärke von 25 Kerzen hat zu ihrem Betriebe 77 Watt nothwendig; daraus ergiebt sich, daß nur 7,9 solcher Lampen durch die Leistung einer Pferdestärke dauernd bei voller Helligkeit zu erhalten sein würden.

Auf Grund dieser Angaben ist es möglich, nach der Zahl der etwa erforderlichen Lampen die Größe und Leistung der zu beschaffenden Dynamomaschine und den Umfang der aufzuwendenden mechanischen Arbeit in Pferdekräften von vornherein zu beurtheilen.

Die Schaltung der Glühlampen wird fast ausschließlich als sogenannte Parallelschaltung ausgeführt. Fig. 167 zeigt schematisch eine derartige Anordnung, welche vor der sogenannten Serien- oder Reihenschaltung den Vorzug hat, daß sämmtliche Lampen unabhängig von einander brennen können. Es kann z. B. eine Lampe verlöschen, ohne daß der Betrieb der anderen dadurch gestört wird.

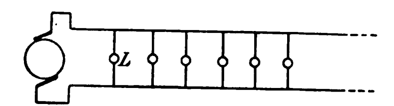


Fig. 167. Parallelschaltung.

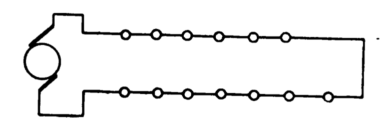


Fig. 168. Reihenschaltung.

Bei der Reihenschaltung (Fig. 168) der Lampen wird durch Verlöschen nur einer Lampe der ganze Stromkreis unterbrochen, so daß sämmtliche Lampen dieses Stromkreises aufhören zu leuchten. Zwar sind die Kosten für das Leitungsmaterial niedriger bei Reihenschaltung, jedoch ist die Betriebssicherheit so gering, daß eine derartige Anordnung der Lampen nur für ganz vorübergehende Beleuchtungseffekte, Festbeleuchtung 2c., Anwendung findet.

b) Bogenlicht-Beleuchtung.

Für die Beleuchtung von Höfen, freien Plätzen und geschlossenen Räumen von größerer Ausdehnung (Sälen) wird zur „Allgemein-Beleuchtung" das Bogenlicht verwendet.

Das Bogenlicht wird ausgestrahlt von zwei sich in geringem etwa 2 mm betragenden Abstande gegenüberstehenden Kohlenstäben, welche mit den Polen einer Elektrizitätsquelle verbunden sind.

Der durch die elektromotorische Kraft zur Ueberwindung des zwischen den Kohlenspitzen bestehenden Widerstandes der Luftschicht veranlaßte Strom ruft sowohl eine Erwärmung dieser Luftschicht als auch der Kohlenspitzen bis zur Weißgluth hervor, so daß ein intensives Leuchten eintritt.

Der Weg, den der Strom von einer Kohlenspitze zur anderen durch die Luft nimmt, zeigt den Verlauf eines leuchtenden Bogens; von ihm hat die Lampe zum Unterschiede von anderen elektrischen Beleuchtungs-Einrichtungen den Namen „Bogenlampe" erhalten.

Der Lichteffekt wird vorzugsweise durch die weißglühenden Kohlenspitzen hervorgerufen, von denen diejenige am stärksten leuchtet, an welcher der Strom austritt und durch die Luft zu der anderen übergeht.

Die Anordnung der Kohle in der Bogenlampe wird derart vorgenommen, daß die am meisten leuchtende, die sogenannte Positivkohle, oben angebracht wird, da dieselbe während des Stromaustrittes kraterförmig ausbrennt und auf diese Weise reflektorartig das von ihr ausgehende Licht nach unten wirft.

Die Spitze der unteren Kohle leuchtet nicht so stark; dieselbe nimmt während des Glühens Kegelform an.

Da das Erglühen der Kohlenspitzen unter Luftzutritt stattfindet, so tritt infolge dessen ein allmähliches Abbrennen derselben ein, und zwar ist der Abbrand an der oberen Kohle ihrer größeren Erwärmung und Leuchtwirkung wegen stärker als an der unteren. Damit sich aber beide Kohlen trotzdem gleichmäßig verkürzen, wird die obere stärker hergestellt, und, um die Kraterbildung an der Spitze zu fördern, im Innern mit einem „Docht" aus weicherem Kohlenmaterial versehen. Man unterscheidet daher zwischen der oberen, der Dochtkohle, und der unteren, welche aus gleichmäßig hartem Gaskohlematerial hergestellt ist, der Homogenkohle.

Wären die beiden Kohlenstäbe fest eingespannt, so würde durch den allmählichen Abbrand beider der Luftzwischenraum schließlich so groß werden, daß der elektrische Strom denselben nicht mehr überwinden könnte; die Lampe würde verlöschen.

Um nun trotz des Kürzerwerdens der Kohle die Entfernung der Kohlenspitzen dauernd auf ein bestimmtes Maß zu beschränken, wird eine Regulirvorrichtung angewendet, deren Schema Fig. 169 zeigt.

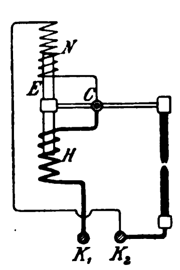


Fig. 169. Schema einer Differentialbogenlampe.

Der Strom tritt durch K_1 in die Lampe ein, durchläuft die Windungen H, gelangt in die obere Kohle, überwindet den Luftwiderstand, so daß die Kohlenspitzen leuchten, geht in die untere Kohle über und verläßt bei K_2 die Lampe, um nach der Dynamomaschine zurückzukehren.

Wird die Entfernung und damit der Widerstand zwischen den Kohlenspitzen größer, so sucht sich der Strom

einen zweiten Weg nach K_2, nämlich durch die Spule N. Der in die Spule N und H frei beweglich hineinragende Eisenkern wird dann durch die Wirkung des in N kreisenden Stromes in die Höhe und in die Spule N hineingezogen, so weit, bis durch Abwärtsbewegung der mit dem Eisenkern auf einem um C drehbaren Doppelhebel sitzenden oberen Kohle die Entfernung der Kohlenspitzen wieder auf das rechte Maß gebracht ist.

Bei allzu großer Annäherung der Kohlenspitzen und damit hervorgerufener Verminderung des Luftwiderstandes geht wieder nur Strom durch die untere Spule, welche ihrerseits durch Hineinziehen des Eisenkernes E eine größere Entfernung zwischen den Kohlenspitzen hervorruft. Der Eisenkern E bleibt in der Schwebe zwischen den beiden Spulen, wenn die in entgegengesetzter Richtung auf ihn einwirkenden Kräfte sich das Gleichgewicht halten.

Die Erwärmung der Kohlenspitzen und damit die Leuchtkraft der Bogenlampen steigt und fällt mit dem Stromverbrauch. Im Mittel kann man annehmen, daß mit 1 Ampère Strom 70 Kerzenstärken erzeugt werden bei den verschiedenen Lampengrößen von 4 bis 12 Ampère Stromverbrauch.

Die zur Ueberwindung des Luftwiderstandes nothwendige Spannung beträgt im Mittel 40 Volt. Hieraus ergiebt sich für eine Bogenlampe mit 700 Kerzenstärken Leuchtkraft ein Energieverbrauch von $10 \times 40 = 400$ Volt-Ampère (Watt), was unter Berücksichtigung des Wirkungsgrades der Dynamomaschine von 85 pCt. einen Kraftverbrauch von

$$\frac{400}{736 \cdot 0,85} = 0,64 \text{ Pferden}$$

ausmacht.

Beträgt die Betriebsspannung der elektrischen Anlage 110 Volt, so können die Bogenlampen immer paarweise in Gruppen geschaltet werden derart, daß der Strom die beiden Lampen nacheinander durchfließt. Aber auch dann noch würde auf jede einzelne Lampe der Strom noch mit einer zu großen Spannung wirken, da die beiden Lampen zusammen nur 80 Volt Spannung erfordern. Es wird daher zur Abdrosselung der noch überschüssigen 30 Volt ein Vorschaltwiderstand angebracht, welcher aus Drahtwindungen oder auch aus Glühlampen bestehen kann.

4. Leitungsmaterial.

Die Zuführung der elektrischen Energie von der Elektrizitätsquelle nach den einzelnen Verbrauchsstellen (Lampen, Motoren) hin wird in der Regel durch Kupferdrähte bewirkt, welche die Energiequelle mit den Verbrauchsstellen verbinden. Fast immer wird je eine Drahtleitung für die Hin- und die Rückleitung angelegt. So gut auch Kupfer den elektrischen Strom leitet, es bietet dem letzteren beim Durchfließen dennoch einen gewissen Widerstand, der sich als Verlust des Spannungsbetrages an der Stromverbrauchsstelle bemerklich macht, welcher zum Ueberwinden eben

dieses Widerstandes nothwendig war, ein Verlust, der ganz besonders bei langen, nicht genügend starken Leitungen sich zeigt.

Der Leitungs-Widerstand wächst nämlich mit der Länge der Leitung und mit dem abnehmenden Querschnitt derselben.

Um sich vor bedeutenden Spannungs- und damit Energieverlusten zu schützen, ist es daher nothwendig, entsprechend der Länge der Leitung den Querschnitt derselben genügend groß zu machen.

Ein Verlust an elektrischer Arbeit muß in jeder Leitung stattfinden und mit Rücksicht auf die Höhe der Anschaffungskosten wird man auch einen gewissen Spannungsverlust in Kauf nehmen müssen, jedoch derart, daß Verzinsung des Anlagekapitals und Energieverlust im rechten Verhältniß zu einander stehen.

Als zweckmäßig in dieser Hinsicht bei den meisten in gewerblichen Betrieben in Betracht kommenden Entfernungen hat sich erwiesen die Belastung eines jeden Quadratmillimeters Kupferquerschnitt mit 2 Ampère Strom, so daß also zur Uebertragung von 100 Amp. die Kupferleitung einen Querschnitt von 50 qmm besitzen muß.

Um Stromverluste möglichst einzuschränken, ist auf die Güte der Isolirung, d. h. des Widerstandes des Leitungsnetzes gegen die Erde und der Leitungstheile gegen einander ein besonderes Augenmerk zu richten.

Es soll dadurch vermieden werden, daß der Strom von der Hin- in die Rückleitung gelangt, auf Wegen, die nicht durch die eigentlichen Energieverbraucher (Lampen, Motoren) führen.

Berühren bei einer im Betriebe befindlichen Anlage in Folge eines Isolationsfehlers der Hin- und der Rückleitungsdraht mit dem blanken Kupfer einander oder einen dritten leitenden Körper, wie z. B. die Erde, so wird in Folge des dann einen nur sehr kleinen Betrag aufweisenden Widerstandes in der Leitung ein solch starker Strom bewegt, daß das Leitungsmaterial sich bis zur Schmelztemperatur erwärmt.

Diese Erscheinung wird Kurzschluß genannt. Um die Leitung vor dieser bei Kurzschlüssen oder überhaupt bei großen Strombelastungen auftretenden Gefahr zu schützen, werden an den Abzweigstellen Sicherungen, Blei- oder Silberfäden eingesetzt, welche durchschmelzen, sobald die Strommenge das zulässige Maß in dem betreffenden Leiter übersteigt.

Die Größe dieses Isolationswiderstandes ist abhängig von der Ausdehnung des Leitungsnetzes, indem er mit dem Wachsen desselben, wegen der sich mehrenden Anzahl der Berührungsstellen (Schalter, Isolatoren 2c.), naturgemäß sinkt, jedoch muß er bei einer gut verlegten Anlage immer größer sein als:

$$5000 \frac{E}{J} \text{ Ohm},$$

worin E die Betriebsspannung und J die maximale Strommenge, welche durch das Leitungsnetz strömt, bedeutet.

5. Die Akkumulatoren

für elektrische Anlagen haben den Zweck, elektrische Energie herzugeben, unabhängig von dem Betriebe der Dynamomaschine. Liegt z. B. das Bedürfniß vor, nach Beendigung des Betriebes, d. h. bei Stillstand der Dampfmaschine, welche sonst die Dynamomaschine antreibt, also besonders Abends und während der Nacht, eine Anzahl Lampen zu brennen, so wird man zum Betriebe derselben eine Akkumulatorenbatterie anwenden, deren Wirksamkeit auf folgendem Vorgang beruht:

Da sich elektrische Arbeit bis jetzt nicht als solche aufspeichern läßt, so muß sie zuvor in eine andere Form der Arbeit, in chemische Arbeit umgewandelt werden.

Die Produkte einer durch den elektrischen Strom bewirkten chemischen Zersetzung können unter Umständen eine gewisse Zeit lang aufbewahrt und es kann bei Bedarf durch chemische Rückbildung wieder elektrische Arbeit erhalten werden.

Taucht man zwei Bleiplatten in verdünnte Schwefelsäure und verbindet dieselben mit den Polen einer Stromquelle, Dynamomaschine, so verändert die Wirkung, welche der von der einen Platte durch die Flüssigkeit zur anderen Platte gehende Strom auf die Flüssigkeit ausübt, das Blei an der Oberfläche der mit dem positiven Pole verbundenen Platte. Dasselbe wird in dunkelbraunes Bleisuperoxyd (PbO_2) verwandelt. An der negativen Platte entwickelt sich währenddessen Wasserstoffgas. Unterbricht man den Strom, nachdem er eine Zeit lang hindurchgegangen, so zeigt es sich, daß die Bleiplatten jetzt selbst elektrische Pole sind, daß sie zusammen mit der verdünnten Schwefelsäure ein galvanisches Element bilden, das eine gewisse elektromotorische Kraft besitzt.

Man erhält, wenn die nun polarisirten Platten durch einen Draht verbunden werden, einen Strom, den sogen. Polarisationsstrom.

Dieser nimmt allmählich an Stärke ab und hört schließlich ganz auf.

Während die Platten Strom abgeben, geht das Bleisuperoxyd auf der positiven Platte allmählich in Bleioxyd (PbO) über, das sich unter dem Einfluß der Schwefelsäure zum Theil auch in Bleisulfat (schwefelsaures Blei) verwandelt.

Gleichzeitig geht das Blei an der Oberfläche der negativen Platte ebenfalls in Bleisulfat über.

Durch Hindurchleiten eines Stromes kann dieses „Sekundärelement" aufs Neue „geladen" werden. Dabei entsteht an der positiven Platte wieder Bleisuperoxyd, während das an der negativen beim „Entladen" gebildete Bleisulfat in fein vertheiltes Blei zurückverwandelt wird. Dieses ist in großen Zügen der Vorgang, welcher sich bei der Ladung und Entladung der Akkumulatoren abspielt.

Die durch den elektrischen Strom in ihrer chemischen Zusammensetzung veränderten Platten haben nach dem Aufhören des Stromes das Bestreben sich zurückzubilden; in diesem Bestreben liegt ein Spannungszustand, welcher durch die auftretende elektromotorische Kraft sich ausdrückt, gleich wie ein gedehnter Gummifaden, welcher in seiner Länge verändert ist, sich in einem „Spannungs"-Zustand befindet, bei dem Bestreben, auf seine frühere Länge sich wieder zusammen zu ziehen.

Die positiven und die negativen Platten sind mit der Schwefelsäure untergebracht in Glaskästen, bei größeren Elementen in Holzkästen, welche auf der Innenseite mit Blei verkleidet sind.

Fig. 170 deutet schematisch die Anordnung der Platten in einem solchen Kasten an. Jedem derartigen Element wird durch die Ladung eine Spannung von etwa 2 Volt verliehen. Hat man nun eine Betriebsspannung von 110 Volt, d. h. soll der elektrische Strom auf die Lampen und Motoren mit einer Spannung von 110 Volt wirken, so sind 55 Akkumulator-Elemente nöthig, um diese Spannung hervorzurufen.

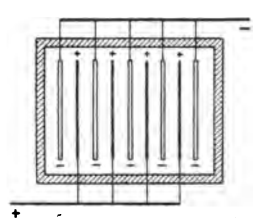


Fig. 170. Schema einer Akkumulatorzelle.

Während der Entladung sinkt mit der fortschreitenden Rückbildung der Plattensubstanz die Spannung in den einzelnen Elementen, so daß die 55 Elemente hintereinander geschaltet, nicht mehr im Stande sind, 110 Volt hervorzurufen. Aus diesem Grunde wurden von vornherein eine Anzahl Reservezellen mitgeladen, welche dann, wenn die Gesammtspannung der 55 Hauptzellen nicht mehr zur Erzeugung von 110 Volt ausreicht, nach und nach während der Entladung zugeschaltet werden.

Die Menge des Stromes, die von einem Akkumulator in der Zeiteinheit entnommen werden kann, hängt lediglich ab von der Plattengröße, resp. der Anzahl der Positiv- und Negativplatten in einem Element, da die gleichnamigen Platten in demselben mit einander verbunden sind und so gewissermaßen eine einzige große Platte bilden.

Die Leistung des Akkumulators, welche man mit Kapazität bezeichnet, wird beurtheilt nach Ampèrestunden.

Ist ein Akkumulator im Stande, 100 Ampère 4 Stunden lang abzugeben, so besitzt er eine Kapazität von 400 Ampèrestunden.

Ein Maß für die Güte der Akkumulatoren-Batterie ist wiederum der Wirkungsgrad, d. h. einmal das Verhältniß zwischen den zur Ladung benöthigten Ampèrestunden und der Ampèrestundenzahl, welche der Akkumulator bei der Entladung herzugeben im Stande ist, ohne in seiner Spannung unter die vorgeschriebene Höhe zu sinken, und dann das Verhältniß zwischen aufgenommener und abgegebener elektrischer Energiemenge (Wattstunden).

Der Wirkungsgrad (Güteverhältniß) eines guten Akkumulators beträgt, bezogen auf Ampèrestunden, je nach der Entladezeit von 3—7 Stunden, 90 bis 95 pCt., mit Rücksicht auf dieselbe Entladedauer bezogen auf Wattstunden 75 bis 84 pCt. Die garantirte Leistung eines Akkumulators betrage z. B. 450 Ampèrestunden unter Aufrechterhaltung von 110 Volt Betriebsspannung. Es kann dann die Stromabgabe mit 100 Ampère $4^1/_2$ Stunden lang, mit 150 Ampère 3 Stunden lang usw. erfolgen; das Produkt muß jedenfalls 450 bilden. Jedoch darf die maximale Entladestromstärke einen Höchstbetrag, der von der Fabrik angegeben wird, ohne Schaden für den Akkumulator nicht übersteigen.

Ist z. B. die Ladung, wie die Messungen ergeben haben, mit 500 Ampèrestunden erfolgt, so beträgt der Wirkungsgrad des Akkumulators bezogen auf Ampèrestunden

$$\frac{450 \cdot 100}{500} = 90 \text{ pCt.}$$

Die Schaltung der Batterie und Dynamo bei der Ladung und der Entladung wird bewirkt in der Weise, wie sie der in Fig. 171 angedeutete Doppelzellenschalter $Z_1 Z_2$ schematisch darstellt.

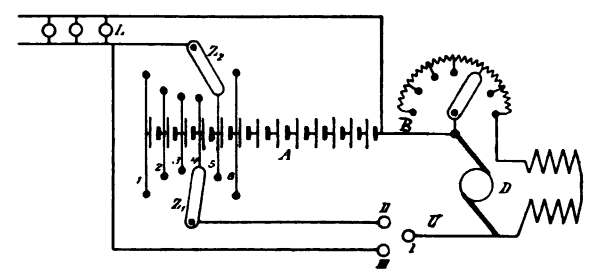


Fig. 171. Schema einer Dynamo- und Akkumulatorschaltung.

Durch Verbindung des Kontakts I am Umschalter U mit II wird vermittelst des Hebels Z_1 der Strom von der Dynamo D zunächst in die am weitesten nach links gelegene erste Schaltzelle geleitet, von wo aus er dann, da sämmtliche Zellen der Reihe nach mit einander verbunden sind, den ganzen Akkumulator durchströmt und in der Rückleitung B wieder von der Dynamo aufgenommen wird.

Die Schaltzellen werden nacheinander ausgeschaltet, sobald sie lebhafte Gasentwickelung zeigen. Zu dem Zweck wird der Hebel Z_1, wenn z. B. Zelle 1 lebhaft „gast", auf Zelle 2 gelegt und der Strom in diese geleitet, so daß er nun den ganzen Akkumulator mit Ausnahme der Zelle 1 durchströmt.

Auf diese Weise werden fortlaufend die vollgeladenen Schaltzellen abgeschaltet, während den übrigen Zellen, welche die Gasentwickelung noch nicht zeigen, der Strom weiter zugeführt wird.

Bei der Entladung wird Hebel Z_2, der Entladehebel, benutzt und mit

diesem durch Zuschalten der geladen bereit stehenden Reservezellen die Betriebsspannung auf der erforderlichen Höhe erhalten.

Durch Verbindung der Kontakte I mit III ist die Dynamo D befähigt, Strom direkt in das Leitungsnetz L zum Betriebe von Lampen und Motoren zu senden, wobei ihre Wirksamkeit zu Zeiten hohen Strombedarfs durch Stromabgabe des Akkumulators noch unterstützt werden kann. Sollen während der Ladung der Batterie Lampen in größerer Anzahl brennen, so muß die Dynamo eine Strommenge liefern, welche der Summe des Ladestromes und des Verbrauchsstromes entspricht. Die Zellen, welche zwischen Lade- und Entladeschalter sich befinden, werden von der gesammten Lade- und Verbrauchsstrommenge durchflossen und müssen daher größer als die übrigen Zellen sein, welche lediglich der Ladestrom passirt. Die Stromstärke bei der Ladung darf nicht mehr als 0,6—0,9 Ampère und bei der Entladung nicht mehr als 0,9—1,2 Ampère auf 1 qdm der positiven Plattenoberfläche betragen. Die Entladung ist nur so weit auszudehnen, bis die Spannung der einzelnen Elemente noch 1,8 Volt beträgt.

6. Wechselstrom und Drehstrom.

Unter Wechselstrom versteht man einen elektrischen Strom, dessen Richtung und Stärke in einem Leiter regelmäßig und sehr schnell wechselt. Ein Gleichstrom fließt in den beiden Drähten, die von der Dynamomaschine wegführen, so, daß er in einem bestimmten Draht immer von der Maschine weg, in dem anderen immer nach der Maschine hinfließt. Der Wechselstrom fließt in demselben Draht bald von der Maschine fort, dann nach der Maschine hin, dann wieder von ihr fort u. s. w.

Zur Abnahme dieses Stromes mit stetig wechselnder Richtung von der Maschine dienen Schleifringe, auf welchen als Enden der Außenleitung die Stromabnehmer (Kupferbürsten, Kohlenklötze) schleifen.

Eine Maschine zur Erzeugung von Wechselströmen zeigt schematisch Fig. 172. Ein aus isolirten Blechen hergestellter Ring rotirt zwischen zwei einander gegenüber stehenden Polen N und S. Der Ring ist mit zwei hintereinander geschalteten Spulen bewickelt, deren Enden mit zwei Schleifringen R_1 R_1 verbunden sind. Von diesen Schleifringen wird der Strom durch die Bürsten B_1 B_1 ins Netz geleitet. Geht eine Spule an dem Nordpol vorbei, so erzeugt sie einen Stromimpuls in einer bestimmten Richtung, geht sie an dem Südpol vorbei, so erzeugt sie einen Stromimpuls in der entgegengesetzten Richtung. Es entsteht daher Wechselstrom in jeder Spule. Beide Spulen sind so geschaltet, daß ihre Stromimpulse einander

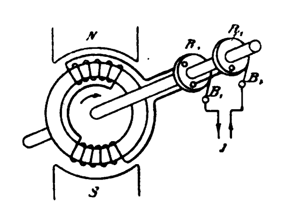


Fig. 172. Schema einer Maschine für einphasigen Wechselstrom.

stets addiren. Die Zeit eines Umlaufes ist gleich einer Periode des Wechselstromes.

Die Kurve in Fig. 173 zeigt graphisch den Verlauf der Spannung und der Stromrichtung in einem Wechselstrom. An Hand derselben läßt sich ersehen, wie die Spannung und der Strom allmählich zunehmen, wenn die Spule in Fig. 172 sich dem Nordpol nähert, dann beim Schneiden des stärksten Kraftlinienbündels ihren größten Werth erreicht, um dann wieder bis auf Null abzunehmen. Bei der Weiterdrehung des Ankers und Bewegung der Spule nach dem Südpol hin wachsen Spannung und Strom wieder allmählich bis zu einem Höchstwerth, aber in entgegengesetzter Richtung, bis auch sie schließlich danach wieder auf Null zurücksinken und sich darauf wieder in der ersten Richtung zu heben beginnen. Spannung und Strom durchlaufen also eine Reihe von Phasen und kehren nach einer Periode schließlich immer zu dem Zustand zurück, den sie zu Anfang hatten.

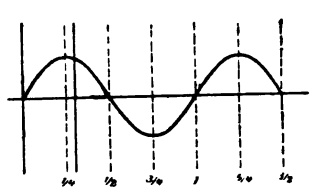


Fig. 173. Wechselstromkurve.

Man kann daher sagen, die Phasen der Stromstärke und Spannung durchlaufen einen Kreislauf in einer Periode. Dem entsprechend theilt man die Periode wie einen Kreis in 360°.

Gehen 3 Stromkreise von einem Anker aus, die Wechselstrom von derselben Periodenzahl führen, was sich z. B. durch 6 paarweise hintereinander geschaltete Spulen erreichen läßt, Fig. 174, so werden die 3 Ströme nicht gleichzeitig ihren größten Werth, den Werth Null u. s. w. erreichen. Man sagt dann, ihre Phasen seien um einen bestimmten Bruchtheil einer Periode gegeneinander verschoben.

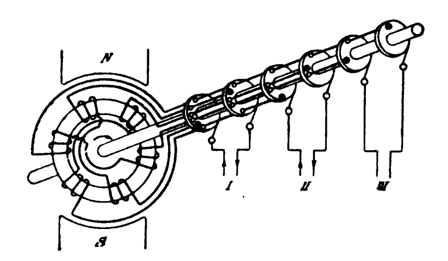


Fig. 174. Ankerschema für dreiphasigen Wechselstrom.

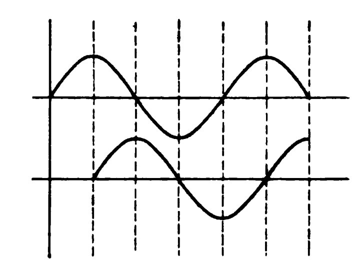


Fig. 175. Darstellung der Phasenverschiebung.

Der Ausdruck Verschiebung erklärt sich direkt aus Fig. 175, wo die untere Kurve gegen die obere nach rechts verschoben ist.

Fig. 176 zeigt die Stellung der Spannungskurven eines dreiphasigen Wechselstroms, deren Phasen um 120° gegeneinander verschoben sind.

Dreiphasiger Wechselstrom wird Drehstrom genannt.

Drehstrom findet vorzugsweise Verwendung zur Kraftvertheilung bei Anlagen, in denen die einzelnen Kraftverbraucher weit entfernt, mehrere Kilometer von der Kraftzentrale (Dampfmaschine) liegen. Ihre Begründung findet diese Thatsache in der verhältnißmäßig einfachen Konstruktion der Motoren, welche sich aus der Verwendung des Drehstromes herleitet und in der einfachen Art der Umformung des Stromes und der Spannung durch ruhende Umformer.

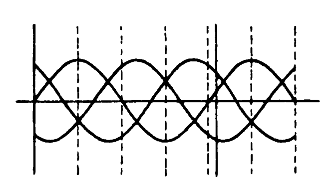


Fig. 176. Kurven des dreiphasigen Wechselstroms (Drehstroms).

Der Drehstrom schafft in dem ruhenden Eisenring des Motors rotirende Magnetpole, auf welche sich die Wirkungsweise der Drehstrommotoren gründet.

Beim Zweiphasenstrom ebenso wie beim Dreiphasenstrom kommt die Rotation der Pole in einem Ringe in folgender Weise zu Stande. In dem einen Stromkreise liegen die hintereinander geschalteten Spulen I und I', Fig. 178. A_1 und E_1 sind Anfang und Ende der Wickelung. Beide Spulen

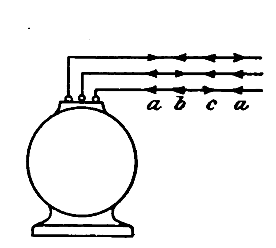


Fig. 177. Darstellung des Richtungswechsels während der Drehstromphasen.

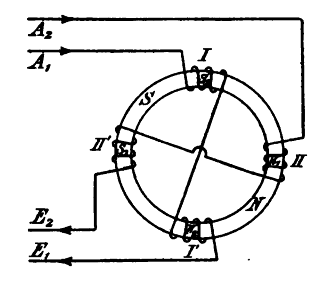


Fig. 178 Schema eines rotirenden Magnetfeldes.

sind so geschaltet, daß ein Strom, der von A nach E fließt, bei N_1 einen Nordpol, bei S_1 einen Südpol erzeugt. Ebenso ist das im zweiten Stromkreise liegende Spulenpaar II, II' so geschaltet, daß ein von A_2 nach E_2 fließender Strom unten einen Nordpol N_2, oben einen Südpol S_2 erzeugt. Ist in beiden Stromkreisen Strom in der angegebenen Richtung vorhanden, so entsteht ein resultirender Nordpol N, der zwischen den beiden Einzelpolen liegt, also rechts unten und genau gegenüber ein resultirender Südpol S. Je stärker der in I I' fließende Strom ist, um so mehr rücken die Pole nach der Horizontalen, je stärker der in II II' fließende Strom ist, um so mehr rücken die Pole nach der Vertikalen.

Wenn nun zuerst der Strom in I I' sein Maximum hat und zugleich der Strom in II II' Null ist, so liegen die Pole links und rechts, und zwar der Nordpol rechts. Nimmt nun der Strom in I I' ab, der in II II' aber

zu, so rückt der Nordpol mehr und mehr nach unten und befindet sich genau in der Vertikalen, wenn der Strom in II II' sein Maximum erreicht hat und der Strom in I I' Null geworden ist. Nun kehrt sich der Strom in I I' um, er sucht jetzt also links einen Nordpol zu erzeugen, während II II' den Nordpol nach wie vor unten zu erzeugen suchen. Der resultirende Nordpol wird also jetzt nach links von der Vertikalen rücken. Wenn der Strom in I I' in der neuen Richtung sein Maximum erreicht hat, so ist der Strom in II II' wieder Null geworden und der Nordpol liegt jetzt links in der Horizontalen.

Der Nordpol ist also in einer halben Periode von rechts über unten nach links im Ringe weiter gewandert und hat einen halben Umlauf vollendet. Während der folgenden halben Periode läuft er weiter über oben nach rechts zurück, da sich nun der Strom in II II' umkehrt.

Die Pole laufen also während einer Periode einmal im Ringe herum, ohne daß sich der Eisenkern oder die Wickelung mechanisch dreht.

Wird ein Eisenring, der mit vielen in sich geschlossenen Windungen umgeben ist, drehbar in dem äußeren Ringe angeordnet, so wird der innere Ring von den sich verschiebenden Polen des äußeren Ringes mitgenommen. Er läuft aber nie so schnell wie diese, vielmehr ist seine Geschwindigkeit immer etwas geringer. Solche Motoren heißen daher asynchrone. In den in sich geschlossenen Windungen werden nämlich dadurch, daß die von den rotirenden Polen ausgehenden Kraftlinien die Windungen schneiden, elektrische Ströme erzeugt. Durch Wechselwirkung zwischen den Polen und den Strömen in den Kurzschlußwindungen entstehen Kräfte, die den inneren Ring veranlassen sich zu drehen.

Auf diesem hier geschilderten Prinzip beruht die Wirkungsweise der Drehstrommotoren. Durch sogen. Verkettung können die 6 Leitungen, welche nach Fig. 174 für dreiphasigen Wechselstrom nothwendig sind, dann auf drei Leitungen reduzirt werden, wenn die Phasen der Ströme einen derartigen Verlauf zeigen, daß in jedem Augenblick die Summe der Ströme in zwei Leitungen gleich der Strommenge im dritten Leiter ist, Fig. 177. Unter diesen Umständen wechseln sich die drei Leitungen in ihrer Eigenschaft als Hin- und Rückleiter des Stromes nach und von dem Motor dauernd ab.

Vor Anlage einer elektrischen Kraftübertragung vermittelst Drehstrom ist zu überlegen, daß die Gleichstromdynamo des Beleuchtungsnetzes unter keinen Umständen als Reserve für die Drehstromdynamo dienen kann, ebensowenig wie es Akkumulatoren giebt, welche die aufgespeicherte Energie als Drehströme abzugeben vermögen.

Drehstrommotoren besitzen bei Belastungen unter der Normalen einen verhältnißmäßig geringen Nutzeffekt.

7. Garantieforderungen.

Warnen möchte ich an dieser Stelle vor der planlosen Einführung der Elektrizität in den Betrieb. Lediglich auf Grund eingehender Berechnung und unter genauester Berücksichtigung der bestehenden Verhältnisse kann darüber entschieden werden, ob z. B. eine elektrische Kraftübertragung im Betrieb billiger wird als die Anwendung mechanischer Transmissionsmittel zum Antrieb entfernt liegender Maschinengruppen.

Für die Beleuchtungszwecke ist in jedem Falle das Spiritusglühlicht billiger als das elektrische Glühlicht.

10 Hefnerkerzen verbrauchen bei Spiritusbeleuchtung stündlich ca. 22 ccm Spiritus von 90 Gewichtsprozenten, welcher, bei einem Spirituspreise von 20 Mk. pro 100 Liter, etwa 0,44 Pfg. kostet.

Eine 10kerzige elektrische Glühlampe verbraucht an elektrischer Energie 39 Volt-Ampère (Watt). 1000 Watt kosten unter Berücksichtigung der Kosten für Amortisation, Unterhaltung und Ueberwachung der Anlage 25 Pfg. stündlich.

Danach stellen sich die Kosten für den Betrieb einer 10kerzigen elektrischen Glühlampe auf 0,975 Pfg.

Die Kosten der beiden Beleuchtungsarten verhalten sich also wie 1 : 2,22, und zwar ist Spirituslicht noch nicht halb so theuer als elektrisches Glühlicht.

Ist man nach reiflicher Ueberlegung und Berathung mit geeigneten Sachverständigen zu dem Entschlusse gelangt, die Elektrizität in seinem Betriebe einzuführen, so ist die Abfassung eines Liefervertrages als Grundlage für die Verhandlungen mit der Maschinenfabrik unerläßlich, welcher die Anforderungen präzisirt, welche billiger Weise an die elektrischen Maschinen zu stellen sind, und der ferner Rücksicht nimmt auf den Fall, daß die Seitens der Fabrik eingegangenen Garantien nicht erfüllt werden.

Als Lieferbedingungen für Gleichstrom-Dynamomaschinen und -Motoren sind aufzustellen:

1. Funkenloses Arbeiten am Kollektor bei wechselnder Belastung.
2. Funkenloses Arbeiten bei Ueberlastung bis zu 30 pCt.
3. Feste Einstellung der Stromabnehmer (Kohlenbürsten) bei allen Belastungsänderungen.
4. Mäßige Erwärmung aller Theile der Maschine bei 6stündigem Betriebe unter Vollbelastung. Die Erwärmung darf nach dieser Zeit sich in keinem Theile der Maschine um mehr als 40° C. über die Temperatur der Umgebung gesteigert haben.
5. Einhaltung eines entsprechend der Maschinengröße festgesetzten Wirkungsgrades, der Seitens der Maschinenfabrik in ihrer Werkstatt nachzuweisen ist.

6. Entschädigungs-Ansprüche entsprechend dem Minderwerth der Maschine für den Fall, daß der garantirte Wirkungsgrad nicht erreicht wird.

Die Lieferbedingungen bei Anschaffung einer Akkumulatorenbatterie erstrecken sich:

1. auf die Angabe der Kapazität nach Ampèrestunden,
2. auf Festlegung des Wirkungsgrades bei der Aufnahme und Abgabe der elektrischen Energie,
3. auf den tadellosen Zustand der Batterie nach Ablauf einer mehrjährigen Betriebszeit bei voller Ausnutzung derselben.

Um die Stromverluste möglichst einzuschränken, welche bei dem Vorhandensein eines mangelhaft isolirten Leitungsnetzes auftreten, ist ein mit der liefernden Firma für den Isolationswiderstand der gesammten Anlage bestimmter Betrag in Ohm zu vereinbaren, welcher nicht unterschritten werden darf.

Um die Anschaffungskosten für eine kleinere Kraftübertragungs- und Beleuchtungsanlage ermessen zu können, sei zum Schlusse noch eine Zusammenstellung derselben angeführt.

Angetrieben sollen werden:

1. eine Wasserpumpe, 100 m von der Brauerei entfernt,
2. die Maschinen eines Getreidespeichers, der 300 m von der Brauerei entfernt liegt.

Hierfür sind nothwendig:

	Mk.
3 Motoren je 220 Volt und 6,9 Ampère = 1,5 Pferd	1620,00
3 Anlasser dazu	150,00
5 Paar Gleitschienen und Querschwellen	114,00
1 Motor 220 Volt und 27,7 Ampère = 6,5 Pferde zum Antrieb der Speichermaschinen	1030,00
1 Paar Gleitschienen und Querschwellen dazu	110,00
1 Anlasser für den Motor	220,00
1 Dynamomaschine 220 Volt und 91 Ampère	2400,00
1 Nebenschluß-Regulirwiderstand	130,00
1 Paar Gleitschienen	95,00
1 Stromzeiger	60,00
1 Spannungszeiger	65,00
5 Schalter	50,00
10 Hauptsicherungen	49,00
1 Schaltbrett	50,00
Leitungen, Isolatoren	400,00
Montage und Verschiedenes	527,00
Zusammen	7070,00

Diese Anlage wird im Mittel mit einem Gesammtnutzeffekt, d. h. unter Berücksichtigung der Verluste an der Dynamo und den Motoren, von 60 pCt. arbeiten, so daß also für die Leistung eines Motors von **1,5** Pferden $\frac{1,5}{0,6}$ = **2,5** Pferde an der Dampfmaschine abgegeben werden müssen.

Hier hat die Rentabilitätsberechnung einzusetzen, welche unter Berücksichtigung aller Vor- und Nachtheile und vor Allem der Betriebskosten zunächst Klarheit darüber verschaffen muß, ob die Kraftvertheilung unter gegebenen Verhältnissen durch Elektrizität oder durch mechanische Transmissionen wirthschaftlich richtig ist.

Wärmeschutzmittel.

Die Metallwände werden zum Schutz gegen Wärmeaus- oder einstrahlung mit einer Masse bekleidet, welche möglichst wenig Wärme durchläßt. Weiteres Erforderniß einer Wärmeschutzmasse ist, daß sie feuerfest, porös und leicht ist. Ein Stoff, welcher diese Bedingungen gut erfüllt, ist Kieselguhrerde, und noch besser Kork. Erstere besteht aus vielen mikroskopisch kleinen, abgestorbenen Schaalenthieren, und wird hauptsächlich in der Lüneburger Haide gefunden. Diese Erde wird mit einem Klebestoffe vermengt, sodaß sie, in Wasser angerührt, direkt auf die Metallwände, wie Dampfröhren, Stirnwände der Dampfkessel u. s. w. aufgetragen, festhaftet. 100 kg dieser Masse geben bei 20 mm Stärke 10—12 qm und 100 kg trockene Masse kostet 10 Mk. Zur größeren Haltbarkeit der Masse wird sie mit Leinwand oder Jutestoff bezogen und mit Oelfarbe gestrichen.

Isolirschläuche zum Umwickeln von Dampfröhren bieten gegenüber der Isolirmasse den Vortheil, daß sie auch angewendet werden, wenn die Röhren Vibrationen und Stößen ausgesetzt sind. Die Schläuche bestehen aus Jutestoff und sind mit Kieselguhr oder Korkmehl gefüllt. Da der Jutestoff der Dampfwärme nicht lange widersteht, muß auf das Rohr zunächst eine Schicht Kieselguhr aufgestrichen werden, weil sonst die Schläuche verbrennen. Bei 25 mm Stärke gehören etwa 40 laufende Meter Schlauch, um 1 qm Rohrfläche zu bekleiden, es kostet das Meter etwa 10 Pf., 1 qm also 4 Mk.

Asbestisolirschläuche werden anstatt aus Jute aus Asbestgarn gewebt und sind unverbrennlich, das laufende Meter kostet 16 Pf., 25 mm stark.

Kork wird wegen der wesentlich besseren Haltbarkeit der Kieselguhrmasse vorgezogen, und auch zu Kellerbauten, Isolirung der Fußböden im Keller verwendet.

Korksteine werden in Ziegelsteinformat von 25. 12. 6,5 cm hergestellt, es wiegt ein solcher Korkstein 650 g, während ein Ziegelstein 3000 g wiegt. Der Preis beträgt für 1000 Stück 100 Mk.

Korksteinplatten werden 10 bis 80 mm stark und in Größen von 90. 25 cm hergestellt. 1 qm 35 mm starke Platte wiegt 10 kg und kostet 2 Mk.

Korksteinschaalen für Dampfrohre giebt es für alle Rohrweiten, von 20 bis 350 mm Durchmesser, dieselben sind 20, 30 oder 40 mm stark und kostet ein laufendes Meter Rohr von 50 mm Durchmesser, 20 mm stark bekleidet 75, 30 mm stark 110 Pf.

Asphaltirte Korksteine und Schaalen werden für Eiskeller und Kühlleitungsröhren jetzt fast ausschließlich verwendet, weil Kieselguhr-umhüllungen durch das Thauwasser feucht werden und verderben. Die asphaltirten Korkschaalen werden 30 mm stark angewendet, und kostet 1 m Rohrlänge, 108 mm Durchmesser 2,75 Mk., 58 mm Durchmesser 1,50 Mk. Die Flantsche der Salzwasserkühlleitungen müssen ebenfalls umhüllt werden und werden hierzu besondere Schaalen gemacht, die 10 Mk. 1 qm kosten.

Die Anbringung der Korkschaalen kann man für Dampfrohre durch eigene Leute machen lassen, für Kühlrohre empfiehlt es sich, die Arbeit durch eine Firma ausführen zu lassen, die sich besonders mit Isolirungen befaßt; als solche sind zu nennen:

Grünzweig & Hartmann in Ludwigshafen a. Rh.
A. Haake & Co. in Celle,
Posnansky & Strelitz in Berlin,
Fritz Metag in Cottbus,
Reinhold & Co. in Hannover.

Wünscht man Dampfrohre mit einer billigen, selbst bereiteten Masse zu umkleiden, so verwende man eine nach dem Rezept des Westpreußischen Dampfkessel-Rev.-Vereins zusammengemischte Masse:

1. 100 kg guter fetter Thon werden mit Wasser zu einem dünnen Brei angerührt und 50 kg pulverisirte Steinkohle und 25 kg Flugasche aus den Heizkanälen zugesetzt. Dann werden 15 kg Schlemmkreide mit etwas Wasser und $^1/_2$ Liter Schwefelsäure angerührt und der vorher gewonnenen Masse zugemengt. Zum Schluß werden 2,5 kg Kuhhaare und 1—2 Sack langfaserige Sägespähne hinzugeknetet, bis die Masse die Festigkeit von Mörtel hat. Dieselbe wird in 2—3 Schichten aufgetragen, bis sie 4—5 cm stark ist.

2. 1,5 kg Syrup, 2,5 kg Roggenmehl, 10,0 kg Lehm, 5,0 kg Kuhhaare, 50,0 kg Kieselguhr. Durch Zusatz von Wasser wird eine plastische Masse gebildet und die Masse in einzelnen Schichten, von denen jede einzeln trocknen muß, aufgebracht. Dann werden aus Jutestoff (billigstes Zeug) Streifen umgewickelt und mit einer Mischung von Theer und Kalk bestrichen. Zu 100 Theilen heißem Theer werden langsam unter stetem Umrühren 15—30 Theile abgelöschtes gesiebtes Kalkpulver eingerührt, je nachdem man die Mischung dünner oder dicker haben will. Der Theer-Anstrich kann ziemlich dick aufgetragen werden und eignet sich auch zum Anstreichen von Holz, Eisen etc.

Gesetze und Verordnungen, den Dampfbetrieb betreffend.

Anweisung vom 15. März 1897, betreffend die Genehmigung und Untersuchung der Dampfkessel nebst Gebührenordnung u. s. w.

In Ausführung der §§ 24 und 25 der Reichs-Gewerbe-Ordnung, sowie auf Grund des § 3 des Gesetzes vom 3. Mai 1872, den Betrieb der Dampfkessel betreffend, bestimme ich im Einverständnisse mit den Ministern der öffentlichen Arbeiten und des Innern, was folgt:

I. Allgemeine Bestimmungen.

§ 1. Begrenzung des Geltungskreises der Anweisung.

I. Der gegenwärtigen Anweisung unterliegen Dampfkessel aller Art (feststehende, bewegliche Dampfkessel, Dampfschiffskessel), auch wenn sie nicht zum Maschinenbetriebe noch zu gewerbsmäßiger Verwendung bestimmt sind.

II. Die im § 22 der allgemeinen polizeilichen Bestimmungen über die Anlegung von Dampfkesseln (Bekanntmachung des Reichskanzlers vom 5. August 1900 — R. G. Bl. S. 163) bezeichneten Dampfvorrichtungen gelten nicht als Dampfkessel im Sinne dieser Anweisung.

III. Die gegenwärtige Anweisung findet auf die Lokomotiven der Haupteisenbahnen, Nebeneisenbahnen und Kleinbahnen keine Anwendung. Für die Lokomotiven der Privatanschlußbahnen (§ 43 des Gesetzes über Kleinbahnen und Privatanschlußbahnen vom 28. Juli 1892) hat nur ihr II. Abschnitt „Anlegung der Dampfkessel" Gültigkeit. Die übrigen Lokomotiven, insbesondere die Lokomotiven der Bergwerksbahnen (§ 51 des Kleinbahngesetzes) und derjenigen nicht dem öffentlichen Verkehr dienenden Bahnen, welche keinen Anschluß an Eisenbahnen im Sinne des Gesetzes vom 3. November 1838 oder an Kleinbahnen haben, unterliegen der Anweisung in vollem Umfange.

IV. Insoweit die Anweisung hiernach auf Lokomotivkessel Anwendung findet, werden diese den beweglichen Dampfkesseln gleich geachtet.

§ 2. Prüfung der Kessel durch staatliche Beamte und im staatlichen Auftrage.

I. Die Ausführung der auf Grund der nachstehenden Vorschriften vorzunehmenden Prüfungen, Druckproben und Untersuchungen der feststehenden, beweglichen und Schiffsdampfkessel erfolgt:

1. soweit sie nicht besonders bestellten Beamten übertragen ist,
   bei Dampfkesseln auf den der Aufsicht der Bergbehörden unterstellten Betrieben durch die Königlichen Bergrevierbeamten,

bei Dampfkesseln auf Hüttenwerken des Staates durch die Leiter dieser Werke oder deren Vertreter;

2. bei den Kesseln der Staatseisenbahn durch die zuständigen technischen Beamten der Staatseisenbahnverwaltung, bei den Privateisenbahnen durch die von den zuständigen Königlichen Eisenbahndirektionspräsidenten damit beauftragten Sachverständigen;
3. bei den Dampfkesseln der Kaiserlichen Marine, der Postverwaltung, der Garnisonbauverwaltung und der allgemeinen Bauverwaltung, soweit bei diesen Verwaltungen besondere, für das Maschinenbaufach vorgebildete höhere Beamte angestellt sind, durch diese Beamten;
4. bei den nicht fiskalischen Schiffsdampfkesseln, den feststehenden und beweglichen Kesseln in landwirthschaftlichen Betrieben und den nicht unter die Gewerbe-Ordnung fallenden landwirthschaftlichen Nebenbetrieben, soweit die Besitzer solcher Kessel nicht Mitglieder eines Dampfkessel-Ueberwachungsvereins sind, durch staatlicherseits hierzu zugelassene Ingenieure der preußischen oder in Preußen anerkannten Dampfkessel-Ueberwachungsvereine im staatlichen Auftrage;
5. im Uebrigen durch die Königlichen Gewerbeinspektoren und deren Assistenten, in Hohenzollern, so lange daselbst ein Gewerbeinspektor nicht angestellt ist, durch einen dazu berufenen besonderen Sachverständigen.

II. Die vom Staate Beauftragten (Ziffer 4 vorstehend) haben die nach Maßgabe der nachstehenden Vorschriften vorzunehmenden Prüfungen zu den durch die Gebührenordnung festgelegten Sätzen auszuführen. Für den Uebergang der von ihnen im staatlichen Auftrage beaufsichtigten Dampfkessel zu einem Ueberwachungsverein gelten die Bestimmungen des § 43.

§ 3. Dampfkessel-Ueberwachungsvereine.

I. Vereinen von Dampfkesselbesitzern, welche eine regelmäßige und sorgfältige Ueberwachung der Kessel vornehmen lassen, kann durch den Minister für Handel und Gewerbe die Vergünstigung ertheilt werden, daß die Kessel der Mitglieder von den amtlichen Prüfungen u. s. w. (§ 2) befreit sind.

II. Die vorgeschriebenen Prüfungen, Druckproben und Untersuchungen werden alsdann von den Ingenieuren der Kessel-Ueberwachungsvereine nach Maßgabe der ihnen von dem Minister für Handel und Gewerbe verliehenen Berechtigungen ausgeführt.

III. Die Ertheilung der im Absatz I gedachten Vergünstigung an die Vereine und die Verleihung der im Absatz II erwähnten Berechtigungen an die Vereinsingenieure ist jederzeit widerruflich.

IV. Die Ertheilung der Vergünstigung an die Vereine und die Entziehung derselben durch Widerruf ist in den Amtsblättern der betheiligten Regierungen öffentlich bekannt zu machen.

§ 4. I. Die im § 3 bezeichneten Vereine haben den Königlichen Regierungspräsidenten — in Berlin dem Königlichen Polizeipräsidenten — und den Königlichen Oberbergämtern, für deren Bezirke sie zugelassen sind, innerhalb acht Wochen nach Ablauf jedes Etatsjahres einzureichen:

1. ein Verzeichniß der dem Verein angehörenden Kesselbesitzer und der von Letzteren im Bezirke betriebenen Kessel, nebst einer Uebersicht der an diesen Kesseln im Laufe des Etatsjahres ausgeführten ersten Wasserdruckproben, Abnahmen, regelmäßigen und außerordentlichen Untersuchungen und ihrer Ergebnisse nach Maßgabe des Vordrucks H,
2. ein Verzeichniß der von den Vereinen im staatlichen Auftrage (§ 2, Absatz I, Ziffer 4) zu untersuchenden Kesselanlagen, nebst einer der vorstehenden Ziffer 1 entsprechenden Uebersicht.

II. Die Vereine haben ferner von jedem Ausscheiden eines Mitgliedes dem zuständigen staatlichen Beamten unverzüglich Nachricht zu geben, sowie nach Ablauf des Kalenderjahres der zuständigen Aufsichtsbehörde ein Verzeichniß derjenigen Kessel zu übersenden, welche in Folge rechtzeitiger Kündigung (§ 43) aus der Ueberwachung im staatlichen Auftrage (§ 2, Absatz I, Ziffer 4) in die Vereinsaufsicht übergehen werden.

III. Endlich haben die Vereine bis zum 1. Juni jedes Jahres dem Minister für Handel und Gewerbe einen Bericht über ihre Thätigkeit während des abgelaufenen Etatsjahres zu erstatten.

§ 5. Befreiung einzelner Kesselbesitzer von den amtlichen Prüfungen.

I. Eine gleiche Vergünstigung wie nach § 3, Absatz I den Dampfkessel-Ueberwachungsvereinen, kann ausnahmsweise auch einzelnen Dampfkesselbesitzern, sowie den Privateisenbahnen, welche für eine sachgemäße Ausführung der Prüfungen und Druckproben und für eine regelmäßige Ueberwachung ihrer Dampfkessel entsprechende Einrichtung getroffen haben, zu Theil werden.

II. Diese haben alsdann den im § 4, Absatz I bezeichneten Behörden innerhalb acht Wochen nach Ablauf des Etatsjahres die Zahl der von ihnen im Laufe des Etatsjahres betriebenen Dampfkessel und die unter Ziffer 1 daselbst vorgeschriebene Uebersicht einzureichen.

§ 6. Freizügigkeit der Kessel.

Bewegliche Kessel und Schiffskessel, welche in einem anderen Bundesstaate auf Grund des § 24 der Gewerbeordnung und der allgemeinen polizeilichen Bestimmungen genehmigt worden sind, können in Preußen ohne nochmalige vorgängige Genehmigung in Betrieb gesetzt werden, sofern seit ihrer letzten Untersuchung nicht mehr als ein Jahr verflossen ist. Ferner werden die von einem hierzu ermächtigten Beamten oder Sachverständigen eines anderen Bundesstaates ausgestellten Bescheinigungen über die Bauart und die Abnahmeprüfung von Dampfkesseln, über die auf Grund des § 11 und des § 12, Absatz 1 der allgemeinen polizeilichen Bestimmungen vom 5. August 1890 ausgeführten Druckproben, endlich über die Vornahme regelmäßiger Untersuchungen in Preußen anerkannt.

II. Anlegung der Dampfkessel.

§ 7. Fälle der Genehmigung.

Zur Anlegung von Dampfkesseln bedarf es einer gewerbepolizeilichen Genehmigung, welche bei feststehenden Dampfkesseln für eine bestimmte Betriebsstätte, bei Dampfschiffskesseln für ein bestimmtes Schiff, bei beweglichen Dampfkesseln ohne Beziehung zu einer Betriebsstätte ertheilt wird. Ein neuer an die

Stelle eines alten tretender Dampfkessel bedarf stets der gewerbepolizeilichen Genehmigung, auch wenn er von derselben Bauart wie der alte Kessel ist.

§ 8. I. Einer erneuten Genehmigung bedürfen:

1. Dampfkessel, welche wesentliche Aenderungen in ihrer Bauart erfahren,
2. Dampfkessel, welche wieder in Betrieb genommen werden sollen, nachdem die früher ertheilte Genehmigung wegen unterlassenen Betriebes nach § 49 der Gewerbeordnung erloschen ist.
3. feststehende Dampfkessel, deren Betriebsstätten nach Lage oder Beschaffenheit wesentlichen Aenderungen unterworfen werden sollen,
4. Dampfschiffskessel, welche außerhalb des Schiffes, auf das die Genehmigung lautet — sei es in Verbindung mit einem anderen Schiffe, sei es auf dem Festlande — in Betrieb genommen werden sollen,
5. bewegliche Dampfkessel, welche an einem Betriebsorte zu dauernder Benutzung aufgestellt werden sollen.

II. Endlich bedarf es einer erneuten Genehmigung des Kessels, wenn eine Erhöhung der in der Genehmigungsurkunde festgesetzten höchsten zulässigen Dampfspannung oder eine Aenderung der in der Genehmigungsurkunde aufgeführten Bedingungen stattfinden soll.

§ 9. Zuständigkeit.

I. Ueber die nach §§ 7 und 8 vorgeschriebenen Genehmigungen beschließt hinsichtlich der Dampfkessel in den der Aufsicht der Bergbehörden unterstellten Betrieben das Oberbergamt, im Uebrigen der Kreisausschuß (in den Hohenzollernschen Landen der Amtsausschuß), in Stadtkreisen der Stadtausschuß, in den einem Landkreise angehörigen Städten mit mehr als 10 000 Einwohnern und in denjenigen Städten der Provinz Hannover, für welche die revidirte Städteordnung vom 24. Juni 1858 gilt — mit Ausnahme der im § 27, Absatz 2 der Kreisordnung für diese Provinz vom 6. Mai 1884 bezeichneten Städte — der Magistrat (kollegialische Gemeindevorstand).

II. Die örtliche Zuständigkeit bestimmt sich:

1. bei den feststehenden Dampfkesseln nach dem Orte der Errichtung,
2. bei beweglichen Dampfkesseln nach dem Wohnsitze des Antragstellers,
3. bei Dampfschiffskesseln nach dem Heimathshafen des Schiffes, in Ermangelung eines solchen nach dem Wohnsitze des Schiffseigners.

§ 10. Form und Unterlagen des Antrags.

I. Anträge auf Ertheilung der in den §§ 7 und 8 gedachten Genehmigungen sind als schleunige Angelegenheiten zu behandeln.

II. Der Antrag ist,

wenn die Genehmigung zur Anlegung eines Lokomotivkessels für eine Privatanschlußbahn nachgesucht wird, bei der zuständigen Eisenbahnbehörde,

wenn der Antragsteller einem der im § 2, Absatz I, Ziffer 4 genannten Betriebe oder einem Kessel-Ueberwachungsverein (§ 3) angehört, bei dem zuständigen Vereinsingenieur,

im Uebrigen bei dem nach § 2 sonst zuständigen Kesselprüfer anzubringen.

III. Aus dem Gesuche muß der vollständige Name, der Stand und der

Wohnort des Unternehmers ersichtlich sein. Demselben sind in je 2 Ausfertigungen beizufügen:

1. eine Beschreibung, welche nach dem dieser Anweisung anliegenden Muster J für feststehende, bewegliche Kessel und Dampfschiffskessel anzufertigen ist;
2. eine maßstäbliche Zeichnung, aus welcher die Größe der vom Feuer berührten Fläche zu berechnen ist und die Höhe des niedrigsten zulässigen Wasserstandes über den Feuerzügen und die etwa vorhandenen Verankerungen und Versteifungen zu ersehen sind; bei Dampfschiffskesseln hat sich die maßstäbliche Zeichnung auch auf den Schiffstheil, an welchem der Kessel eingebaut oder aufgestellt ist, zu erstrecken.

IV. Wenn die Anlegung eines feststehenden Kessels beabsichtigt wird, so sind ferner in je 2 Ausfertigungen einzureichen:

3. ein Lageplan, welcher die an den Ort der Aufstellung des Kessels stoßenden Grundstücke zu umfassen hat;
4. ein Bauriß, aus dem der Standort des Kessels, der Standort und die Höhe des Schornsteins, sowie die Lage der Feuer und Rauchröhren gegen die benachbarten Grundstücke deutlich zu erkennen sind;
5. die statistischen Berechnungen für neu zu errichtende Schornsteine sowie für größere Dachkonstruktionen.

V. Für die erforderlichen Zeichnungen ist ein auf ihnen einzutragender Maßstab zu wählen, welcher eine deutliche Anschauung gewährt. Zeichnungen, welche nicht auf Pausleinewand hergestellt sind, sind auf Leinwand aufzuziehen. Zeichnungen, welche durch Blaudruck vervielfältigt sind, dürfen nicht verwendet werden.

VI. Beschreibungen und Zeichnungen sind von dem Verfertiger und dem Unternehmer unter Angabe des Datums zu unterschreiben.

§ 11. Verfahren.

I. Die Stelle, bei der der Antrag nach § 10, Absatz II anzubringen ist, hat die Vorlagen technisch zu prüfen (Vorprüfung), die erfolgte Prüfung auf ihnen zu bescheinigen und sie alsdann der zuständigen Beschlußbehörde (§ 9) vorzulegen. Wegen etwa nothwendiger Ergänzungen der Vorlagen tritt die zur Vorprüfung des Antrags zuständige Stelle mit dem Antragsteller unmittelbar in Verbindung.

II. In denjenigen Städten, in denen die Baupolizei einer Königlichen Behörde zusteht, ist bei feststehenden Dampfkesseln das für vollständig befundene, von dem Kesselprüfer begutachtete Genehmigungsgesuch vor der Beschlußfassung dieser Behörde zur Prüfung zu übersenden. Diese Bestimmung findet auf die für Bergwerke, Aufbereitungsanstalten und Salinen bestimmten Kessel keine Anwendung.

§ 12. Beschlußfassung.

I. Die Beschlußfassung über das Genehmigungsgesuch erfolgt durch das Kollegium der Beschlußbehörde. Die Zulässigkeit der Anlage ist nach den bestehenden bau-, feuer- und gesundheitspolizeilichen Vorschriften, sowie nach den allgemeinen polizeilichen Bestimmungen des Bundesraths über die Anlegung von Dampfkesseln (Bekanntmachung des Reichskanzlers vom 5. August 1890, R.-G.-Bl. S. 163 ff.) zu prüfen.

II. Wird die Genehmigung nach dem Antrage des Unternehmers ohne Bedingungen oder unter Bedingungen, mit denen er sich ausdrücklich einverstanden erklärt hat, ertheilt, so bedarf es eines besonderen Bescheides nicht, sondern die Behörde fertigt alsbald die Genehmigungsurkunde (§ 16) aus. Wird die Genehmigung versagt oder unter Bedingungen ertheilt, mit denen sich der Unternehmer nicht ausdrücklich einverstanden erklärt hat, so erläßt die Beschlußbehörde einen schriftlichen, mit Gründen versehenen Bescheid an denselben.

III. Der Unternehmer kann innerhalb zweier Wochen nach Zustellung des Bescheides entweder Beschwerde an den Minister für Handel und Gewerbe einlegen oder auf mündliche Verhandlung der Sache durch die Beschlußbehörde antragen. Der in letzterem Falle ergehende Bescheid kann innerhalb zweier Wochen nach der Zustellung durch Beschwerde an den Minister für Handel und Gewerbe angefochten werden.

§ 13. Vorbescheid.

I. In Fällen, welche keinen Aufschub zulassen oder klar liegen, ist der Vorsitzende des Kreis- (Amts-, Stadt-) Ausschusses befugt, Namens dieser Behörde über das Genehmigungsgesuch zu entscheiden. Der § 12, Absatz II findet dabei entsprechende Anwendung.

II. Wird schriftlicher Bescheid ertheilt, so ist dem Unternehmer darin zu eröffnen, daß ihm gegen den Bescheid innerhalb zweier Wochen von der Zustellung an der Antrag auf Beschlußfassung durch das Kollegium (§ 12) zustehe.

III. Für die Berechnung der in diesem und dem vorigen Paragraphen vorgeschriebenen Fristen sind die Vorschriften der Civilprozeßordnung maßgebend.

§ 14. Beschwerdeverfahren.

I. Auf die Einlegung der Beschwerde (§ 12, Absatz III) und das weitere Verfahren findet der § 122 des Gesetzes über die allgemeine Landesverwaltung vom 30. Juli 1883 Anwendung. In besonderen Fällen kann zur Begründung der Beschwerde eine Nachfrist bewilligt werden.

II. Der auf die Beschwerde ergehende Bescheid wird der Beschlußbehörde erster Instanz zugefertigt, welche ihn in Ausfertigung dem Unternehmer mittheilt.

§ 15.

I. Bei Ertheilung der Genehmigung zur Anlegung eines Dampfkessels kann von der genehmigenden Behörde eine Frist gesetzt werden, binnen welcher die Anlage bei Vermeidung des Erlöschens der Genehmigung in Betrieb gesetzt werden muß. Ist eine solche Frist nicht bestimmt, so erlischt die ertheilte Genehmigung, wenn der Unternehmer nach Empfang der Genehmigungsurkunde (§ 16) ein Jahr verstreichen läßt, ohne den Kessel in Betrieb zu nehmen.

II. Eine Verlängerung der Frist kann von der Behörde bewilligt werden, wenn erhebliche Gründe nicht entgegenstehen.

§ 16. Genehmigungsurkunde.

I. Für die Ausstellung der Genehmigungsurkunde ist der anliegende Vordruck A zu benutzen. Für jeden genehmigten Kessel ist eine besondere Urkunde anzufertigen. Werden mehrere Kessel gleicher Bauart und Größe für eine und dieselbe Betriebsstätte genehmigt, so bedarf es zur Ausfertigung der Urkunden

nicht der Beifügung der im § 10 und im Vordruck A verlangten Anlagen zu jeder einzelnen Urkunde; es genügt vielmehr ein Hinweis auf diejenige Urkunde, die die Anlagen enthält.

II. In denjenigen Fällen, in denen nach §§ 12 und 13 dem Unternehmer schriftlicher Bescheid zu ertheilen ist, erfolgt die Ausfertigung der Genehmigungsurkunde durch die Beschlußbehörde erster Instanz nach Abschluß des Verfahrens.

III. In der Urkunde sind alle Bedingungen, unter welchen die Kesselanlage genehmigt worden ist, aufzuführen. Die zugehörigen Beschreibungen, Zeichnungen und Pläne sind mit ihr durch Schnur und Siegel zu verbinden.

IV. Eine Ausfertigung der Genehmigungsurkunde ist dem Unternehmer, eine zweite der zuständigen Ortspolizeibehörde zu übersenden, an deren Stelle bei den den Bergbehörden unterstellten Dampfkesseln der Bergrevierbeamte tritt. Eine Abschrift der Urkunde (ohne deren Anlagen) ist dem zuständigen Kesselprüfer zuzustellen, welcher daraufhin mit dem Antragsteller wegen der Abnahme (§ 25) das Erforderliche zu vereinbaren hat.

§ 17. Genehmigung mehrerer Lokomobilen durch eine Urkunde.

I. Die Genehmigung kann für mehrere bewegliche Kessel von übereinstimmender Bauart, Ausrüstung und Größe, welche in einer Fabrik im Laufe eines Kalenderjahres hergestellt werden, gemeinsam im Voraus beantragt und durch eine Urkunde ertheilt werden.

II. Für jeden auf Grund dieser Genehmigungsurkunde hergestellten beweglichen Kessel ist eine mit der Fabriknummer zu versehende, durch den zuständigen Kesselprüfer zu beglaubigende Abschrift der Genehmigungsurkunde mit ihrem Zubehör anzufertigen. Dieselbe gilt als Genehmigungsurkunde für den Kessel, dessen Fabriknummer sie trägt.

§ 18. Genehmigung alter Kessel.

I. Den Gesuchen um erneute Genehmigung bereits anderweit im Betriebe gewesener alter Kessel (§ 8) ist ein vollständiger Nachweis über den Erbauer des Kessels, über die früheren Betriebsstätten, über die Zeit, während welcher der Kessel überhaupt schon betrieben worden ist, und über die Gründe beizufügen, welche dazu geführt haben, den Kessel außer Betrieb zu setzen.

II. Vor der Entscheidung über den Genehmigungsantrag ist eine innere Untersuchung des Kessels mit genauer Ermittelung der Beschaffenheit des verwendeten Baustoffes und der in den einzelnen Kesseltheilen vorhandenen Blechstärken (durch Anbohren und dergl.) vorzunehmen. Auf Grund dieser Ermittelungen wird, falls darnach die Genehmigung überhaupt ertheilt werden kann, die höchste zulässige Dampfspannung festgesetzt. Bei denjenigen alten Kesseln, die nicht befahrbar sind, kann nach dem Ermessen des Kesselprüfers zur Ermittelung ihrer Beschaffenheit mit der sonstigen Untersuchung eine Wasserdruckprobe verbunden werden, die alsdann als erste Wasserdruckprobe (§ 22) anzusehen ist.

III. Bei denjenigen alt gekauften Dampfkesseln, deren frühere Dampfspannung und Herkunft nicht nachgewiesen werden kann, darf die Wiedergenehmigung nur ausnahmsweise auf Grund einer nach obiger Anleitung besonders sorgfältig ausgeführten Untersuchung der gesammten Beschaffenheit des

Kessels und überdies nur dann erfolgen, wenn der Antragsteller selbst die Aufstellung und Benutzung des Kessels beabsichtigt.

IV. Vorstehende Bestimmungen finden auch auf solche Kessel Anwendung, welche aus Theilen alter Kessel unter Hinzufügung neuen Baustoffs hergestellt sind.

§ 19. Erlöschen der Genehmigung.

Ist ein Dampfkessel während eines Zeitraumes von drei Jahren außer Betrieb gesetzt, ohne daß Fristung nachgesucht und bewilligt worden ist, so erlischt die für ihn ertheilte Genehmigung. Das Verfahren für die Fristung ist dasselbe wie für die Genehmigung zur Anlegung von Dampfkesseln.

III. Inbetriebsetzung der Dampfkessel.

§ 20.

Dampfkessel sind, bevor sie in Betrieb gesetzt werden dürfen, durch die zuständigen Kesselprüfer (§§ 2, 3 und 5) einer Prüfung der Bauart (Konstruktionsprüfung), einer Wasserdruckprobe und einer Abnahmeprüfung zu unterwerfen.

§ 21. Prüfung der Bauart.

Die Prüfung der Bauart hat die Untersuchung des Kessels in Beziehung auf Zusammensetzung, Baustoff und Ausführung zum Gegenstande.

§ 22. Wasserdruckprobe.

I. Die Wasserdruckprobe bezweckt die Feststellung etwaiger bleibender Formveränderungen und der Dichtigkeit des Kessels. Sie erfolgt bei Dampfkesseln, welche für eine Dampfspannung von nicht mehr als fünf Atmosphären Ueberdruck bestimmt sind, mit dem zweifachen Betrage des beabsichtigten Ueberdruckes, bei allen übrigen Dampfkesseln mit einem Drucke, welcher den beabsichtigten Ueberdruck um fünf Atmosphären übersteigt.

II. Unter Atmosphärendruck wird ein Druck von einem Kilogramm auf das Quadratcentimeter verstanden.

III. Für die Ausführung der Druckprobe muß der Kessel vollkommen mit Wasser gefüllt sein; in seinem höchsten Punkte muß eine Oeffnung angebracht sein, durch welche beim Füllen die atmosphärische Luft entweichen kann. Die Kesselwandungen müssen dem Probedruck widerstehen, ohne eine bleibende Veränderung ihrer Form zu zeigen und ohne das Wasser bei dem höchsten Drucke in anderer Form als der von Nebel oder feinen Perlen durch die Fugen dringen zu lassen.

§ 23.

I. Die Wasserdruckprobe, welche womöglich mit der Prüfung der Bauart zu verbinden ist, erfolgt nach der letzten Zusammensetzung, jedoch vor der Einmauerung oder Ummantelung des Kessels. Sie kann vor der Genehmigung der Kesselanlage (in der Kesselfabrik) ausgeführt werden.

II. Dampfkessel, welche der Druckprobe am Verfertigungsorte unterworfen und demnächst im Ganzen nach ihrem Aufstellungsorte geschafft worden sind, unterliegen einer weiteren Druckprobe vor ihrer Einmauerung oder Ummantelung nur dann, wenn sie durch die Versendung oder aus anderer Veranlassung Beschädigungen erlitten haben, welche die Wiederholung der Druckprobe geboten

erscheinen lassen. Dabei macht es keinen Unterschied, ob der Verfertigungsort in Preußen oder in einem anderen Bundesstaate belegen ist (vgl. § 6). Dampfkessel aus dem Auslande müssen den im Abschnitt III dieser Anweisung vorgeschriebenen Prüfungen stets unterworfen werden, insbesondere ist bei den aus dem Ausland eingeführten Lokomobilen die Ummantelung stets zu entfernen.

§ 24. Nietestempelung.

Nach Ausführung der Druckprobe hat der Kesselprüfer — vorausgesetzt, daß sie zur Beanstandung des Kessels keinen Anlaß gegeben hat — die Kupferniete, mit welchen das Fabrikschild (§ 10 der allgemeinen polizeilichen Bestimmungen vom 5. August 1890) (Min.-Bl. f. d. i. Verw. S. 227) an dem Kessel befestigt ist, mit seinem Stempel zu versehen. Dieser ist in dem Prüfungszeugnisse abzudrucken.

§ 25. Abnahmeprüfung.

I. Die Abnahmeprüfung hat festzustellen, ob die Ausführung der Kesselanlage den Bestimmungen der ertheilten Genehmigung entspricht. Sie ist bei Kesseln, die eingemauert werden, nach der Einmauerung vorzunehmen.

II. Bei Dampfschiffskesseln erfolgt die Abnahmeprüfung in dem Heimathshafen des Schiffes oder in dem ersten deutschen Anlaufshafen oder an dem Orte, an welchem der Kessel in das Schiff eingebaut oder mit demselben verbunden worden ist. Bei Schiffskesseln, welche in einem der Bundesstaaten genehmigt worden sind und in Preußen zur Abnahmeprüfung gestellt werden, hat die Untersuchung sich auch darauf zu erstrecken, ob denjenigen Genehmigungsbedingungen, welche nach Maßgabe der in jenem Bundesstaate über die Anlegung von Dampfschiffskesseln geltenden besonderen polizeilichen Bestimmungen vorgeschrieben wurden, entsprochen worden ist.

§ 26. Wirkungen der Abnahmeprüfung.

I. Auf Grund der durch den Kesselprüfer ordnungsmäßig bescheinigten (§ 27) Abnahmeprüfung darf der Kessel ohne Weiteres in Betrieb gesetzt werden.

II. Bewegliche Kessel, deren Inbetriebnahme in einem Bundesstaate genehmigt worden ist, können — vorbehaltlich der Bestimmungen über die regelmäßigen Untersuchungen (Abschnitt V) — in jedem anderen Bundesstaate ohne nochmalige vorgängige Genehmigung in Betrieb gesetzt werden. Dasselbe gilt für Dampfschiffskessel, wenn sie sich auf Schiffen befinden, welche Gewässer verschiedener Bundesstaaten befahren. Jedoch ist von der Inbetriebnahme solcher (beweglicher und Dampfschiffs-) Kessel dem zuständigen Kesselprüfer unverzüglich Anzeige zu erstatten (vgl. § 44).

III. Bevor ein beweglicher Kessel in dem Bezirke einer Ortspolizeibehörde in Betrieb genommen wird, ist der letzteren von dem Betriebsunternehmer oder dessen Stellvertreter unter Angabe der Stelle, an welcher der Betrieb stattfinden soll, Anzeige zu erstatten. Ist der Kessel für die der Aufsicht der Bergbehörden unterstellten Betriebe bestimmt, so ist die Anzeige den in § 2, Absatz I, Ziffer 1 bezeichneten Beamten zu erstatten.

§ 27. Bescheinigungen. Revisionsbuch.

I. Die Kesselprüfer haben über die von ihnen ausgeführten Prüfungen der Bauart, Druckproben und Abnahmeprüfungen schriftliche Bescheinigungen aus-

zustellen und binnen drei Tagen dem Kesselbesitzer auszuhändigen. Sie haben sich zu diesem Behufe der anliegenden Vordrucke B, C, F und G zu bedienen, der Vordrucke B und F jedoch nur in dem Falle, daß die Wasserdruckprobe nicht in Verbindung mit der Prüfung der Bauart bewirkt worden ist. Die Bescheinigungen sind mit der Genehmigungsurkunde (§ 16) und sämmtliche Papiere mit dem Revisionsbuche zu verbinden.

II. Abschrift der Bescheinigung über die Abnahmeprüfung ist der Ortspolizeibehörde oder der an ihre Stelle tretenden Bergbehörde mitzutheilen.

III. Derjenige Kesselprüfer, welcher die Abnahmebescheinigung ausstellt, hat gleichzeitig das Titelblatt für das zu dem Kessel gehörige Revisionsbuch, unter Benutzung des anliegenden Vordrucks D, auszufertigen. Als Einlagebogen des Revisionsbuches ist der anliegende Vordruck E zu verwenden. Dem neuen Revisionsbuche ist das bisherige Kesselbuch vorzuheften, oder es sind Abschriften der letzten in dem alten Kesselbuche enthaltenen Bescheinigungen über äußere, innere Untersuchungen und Druckproben in das neue Revisionsbuch zu übertragen und die Abschriften durch den Kesselprüfer zu beglaubigen. Die Beschaffung der Revisionsbücher (Vordruck D und E) ist Sache der Kesselbesitzer und hat auf deren Kosten zu erfolgen.

IV. Revisionsbücher für bewegliche Dampfschiffskessel, welche in einem anderen Bundesstaate ausgefertigt sind, werden in Preußen zur Weiterbenutzung zugelassen, auch wenn die Einlagebogen dem Vordrucke E nicht entsprechen.

V. Die Genehmigungsurkunde nebst Anlagen und das Revisionsbuch sind an der Betriebsstätte des Kessels aufzubewahren und jedem zur Aufsicht zuständigen Beamten oder Sachverständigen auf Verlangen vorzulegen.

VI. Für Kessel, welche der Wasserdruckprobe (§ 22) in einem anderen Bundesstaate unterworfen worden sind, ist der Nachweis einer Prüfung der Bauart (§ 21) nicht zu fordern.

IV. Prüfung nach einer Hauptausbesserung.

§ 28.

I. Dampfkessel, welche eine Ausbesserung in der Kesselfabrik erfahren haben oder zur Ausbesserung an der Betriebsstätte ganz bloß gelegt worden sind, müssen vor der Wiederinbetriebsetzung einer Prüfung mittels Wasserdruckes unterworfen werden.

II. Einer gleichen Prüfung bedarf es, wenn bei Kesseln mit innerem Feuerrohr ein solches Rohr und bei den nach Art der Lokomotivkessel gebauten Kesseln die Feuerbüchse behufs Ausbesserung oder Erneuerung herausgenommen, oder wenn bei cylindrischen und Siedekesseln eine oder mehrere Platten neu eingezogen werden. Art und Umfang der Ausbesserung ist in Spalte „Bemerkungen" des Gebührennachweises kurz anzugeben.

III. Die Ausführung der Druckproben erfolgt nach den Vorschriften der §§ 22 und 23 mit der Maßgabe, daß in den Fällen des Absatzes II dieses Paragraphen die völlige Bloßlegung des Kessels nicht erforderlich ist.

IV. Ueber die Druckprobe ist unter Benutzung des Vordrucks B eine Bescheinigung auszustellen, die mit der Genehmigungsurkunde des Kessels zu ver-

binden ist. In der Bescheinigung ist anzugeben, worin die ausgeführte Ausbesserung bestanden hat und von wem sie bewirkt worden ist.

V. Eine erneute Stempelung der das Fabrikschild mit dem Kessel verbindenden Niete findet bei Druckproben nach Hauptausbesserungen nicht statt; es genügt vielmehr, in der Bescheinigung auf die frühere Stempelung hinzuweisen.

VI. Bei feststehenden Kesseln, deren Fabrikschilder nach den vor Erlaß der allgemeinen polizeilichen Bestimmungen vom 5. August 1890 bestehenden Bestimmungen bisher nicht mit Kupfernieten mit dem Kessel verbunden sind, kann diese Verbindung und die Stempelung der Niete nur bei erneuter Genehmigung (§ 8) gefordert werden. Diese Vorschrift erstreckt sich nicht auf bewegliche Kessel und Dampfschiffskessel (vgl. § 20 der allgemeinen polizeilichen Bestimmungen vom 5. August 1890).

VII. Durch Druckproben nach Hauptausbesserungen werden die regelmäßigen Untersuchungsfristen der Kessel (§§ 29 ff.) nicht unterbrochen, jedoch kann eine solche Druckprobe an Stelle einer in demselben Etatsjahr fälligen regelmäßigen Wasserdruckprobe treten. Eine besondere Gebührenberechnung (Abschn. III der Gebührenordnung) erfolgt in letzterem Falle nicht.

V. Regelmäßige technische Untersuchungen.

§ 29.

I. Jeder zum Betriebe aufgestellte Dampfkessel, er mag unausgesetzt oder nur in bestimmten Zeitabschnitten oder unter gewissen Voraussetzungen (z. B. als Reservekessel) betrieben werden, ist von Zeit zu Zeit einer technischen Untersuchung zu unterziehen.

II. Dieser Vorschrift unterliegen Dampfkessel dann nicht mehr, wenn ihre Genehmigung durch dreijährigen Nichtgebrauch (§ 19) oder durch ausdrücklichen der Polizeibehörde und dem zuständigen Kesselprüfer erklärten Verzicht erloschen ist. Endlich ruhen die Untersuchungen in dem durch § 32, Absatz VIII, vorgesehenen Falle.

III. Eine Entbindung von den wiederkehrenden Untersuchungen kann nur durch Verfügung des Ministers für Handel und Gewerbe erfolgen.

§ 30.

Die technische Untersuchung bezweckt die Prüfung:

1. der fortdauernden Uebereinstimmung der Kesselanlage mit den bestehenden gesetzlichen und polizeilichen Vorschriften und mit dem Inhalt der Genehmigungsurkunde,
2. ihres betriebsfähigen Zustandes,
3. ihrer sachgemäßen Wartung, insbesondere der bestimmungsmäßigen Benutzung der vorgeschriebenen Sicherheitsvorrichtungen.

§ 31.

I. Die Untersuchung erfolgt, soweit nicht die im § 2, Absatz I, Ziffer 4, §§ 3 und 5 benannten Sachverständigen zuständig sind, durch den staatlichen Prüfungsbeamten, in dessen Amtsbezirk sich die Kesselanlage befindet.

II. Bewegliche Kessel gehören zu demjenigen Bezirke, in welchem ihr Be-

sitzer oder dessen Vertreter wohnt, Dampfschiffskessel zu demjenigen, in welchem die Schiffe überwintern oder, falls dies außerhalb Landes geschieht, zu demjenigen, in welchem ihr Hauptanlegeplatz sich befindet.

III. Auf Ersuchen des hiernach zuständigen Prüfungsbeamten oder auf Antrag des Kesselbesitzers können die technischen Untersuchungen von beweglichen und Dampfschiffskesseln von demjenigen Prüfungsbeamten ausgeführt werden, in dessen Amtsbezirk sich der Kessel zur Zeit der Fälligkeit der Untersuchung befindet. Der die Untersuchung ausführende Beamte hat in diesem Falle Abschrift des Prüfungsbefundes dem nach Absatz II zuständigen Prüfungsbeamten mitzutheilen.

IV. Bewegliche Dampfkessel, welche auf Bergwerken, Aufbereitungsanstalten oder Salinen und anderen zugehörigen Anlagen verwendet werden, unterliegen während der Dauer dieser Verwendung der wiederkehrenden Untersuchung durch den nach § 2, Absatz I, Ziffer 1, zuständigen Beamten.

§ 32.

I. Die amtliche Untersuchung der Dampfkessel ist eine äußere oder eine innere oder eine Prüfung durch Wasserdruck. Für die nachgenannten Untersuchungsfristen sind die Etatsjahre, d. h. der Zeitraum zwischen dem 1. April des einen und des folgenden Jahres maßgebend.

II. Die regelmäßige äußere Untersuchung findet bei feststehenden Dampfkesseln alle zwei Jahre, bei beweglichen und Schiffsdampfkesseln alle Jahre statt.

III. Die regelmäßige innere Untersuchung ist bei feststehenden Kesseln alle vier Jahre, bei beweglichen alle drei Jahre und bei Schiffsdampfkesseln alle zwei Jahre vorzunehmen.

IV. Die regelmäßige Wasserdruckprobe findet bei feststehenden Kesseln mindestens alle acht Jahre, bei beweglichen und Schiffsdampfkesseln mindestens alle sechs Jahre statt und ist mit der in demselben Jahre fälligen inneren Untersuchung möglichst zu verbinden.

V. Die innere Untersuchung kann nach dem Ermessen des Prüfers durch eine Wasserdruckprobe ergänzt werden. Sie ist stets durch eine Wasserdruckprobe zu ergänzen oder zu ersetzen bei Kesselkörpern, welche ihrer Bauart halber nicht genügend besichtigt werden können.

VI. In denjenigen Jahren, in denen eine innere Untersuchung oder eine Wasserdruckprobe vorgenommen wird, kommt bei den feststehenden und bei den beweglichen Dampfkesseln die fällige regelmäßige äußere Untersuchung in Fortfall. Bei den Dampfschiffskesseln ist diese thunlichst mit der inneren Untersuchung oder mit der Wasserdruckprobe zu verbinden.

VII. Die äußeren Untersuchungen führt der Prüfungsbeamte im Laufe des Etatsjahres, in dem sie fällig werden, zu einem ihm genehmen Zeitpunkte aus. Für die inneren Untersuchungen und Wasserdruckproben laufen die Prüfungsfristen vom Tage der technisch-polizeilichen Abnahme oder der letzten gleichartigen Untersuchung ab. Ihre Ueberschreitung um mehr als zwei Monate ist nur ausnahmsweise und nicht über einen Zeitraum von sechs Monaten zulässig und ist in dem Jahresberichte des Kesselprüfers (§§ 4 und 39) zu begründen.

VIII. Wenn ein Kessel auf die Dauer mindestens eines Jahres vollständig

außer Betrieb gesetzt und dem zuständigen Kesselprüfer entsprechende Anzeige gemacht wird, so ist die Zeit des angemeldeten Stillstandes bis zur Dauer von zwei Jahren bei Berechnung der Prüfungsfristen außer Ansatz zu bringen. Von der Erhebung der Jahresbeiträge ist nur dann Abstand zu nehmen, wenn der angemeldete Stillstand sich über ein ganzes Etatsjahr erstreckt. Nach einer Betriebsunterbrechung von mehr als zweijähriger Dauer darf der Betrieb erst nach Vornahme einer inneren, mit Wasserdruckprobe verbundenen amtlichen Untersuchung wieder eröffnet werden. Die Verjährung der Genehmigung (§ 19) wird durch die angemeldete Außerbetriebstellung nicht unterbrochen und kann auch nicht durch Untersuchungen an nicht im Betriebe befindlichen Kesseln aufgehalten werden.

IX. Bei Bemessung der Fristen werden Untersuchungen, welche in einem anderen Bundesstaate von den daselbst zuständigen Sachverständigen vorgenommen worden sind, den in Preußen vorgenommenen gleich geachtet.

§ 33.

I. Die äußere Untersuchung besteht vornehmlich in einer Prüfung der ganzen Betriebsweise des Kessels, eine Unterbrechung des Betriebes darf dabei nur verlangt werden, wenn Anzeichen gefahrbringender Mängel, deren Vorhandensein und Umfang nicht anders festgestellt werden kann, sich ergeben haben.

II. Die Untersuchung ist zu richten:

auf die Ausführung und den Zustand der Speisevorrichtungen, der Wasserstandsvorrichtungen, wobei zu bemerken ist, daß Probirhähne während des Betriebes in grader Richtung durchstoßbar sein müssen, der Sicherheitsventile und etwaiger anderer Sicherheitsvorrichtungen, der Feuerungsanlage und der Mittel zur Regelung und Absperrung des Zutritts der Luft und zur thunlichst schnellen Beseitigung des Feuers,

auf alle ohne Unterbrechung oder Schädigung des Betriebes zugänglichen Kesseltheile, namentlich die Feuerplatten, soweit sie zur Besichtigung frei liegen,

auf die Anordnung und den Zustand der Abblasevorrichtungen, die Vorkehrungen zur Reinigung des Kesselinnern oder des Speisewassers und der Feuerzüge, sowie

auf alle etwa noch zum Betriebe des Kessels gehörigen Einrichtungen.

III. Die Betriebseinrichtungen sind in der Regel durch Ingangsetzen zu prüfen.

IV. Ebenso ist bei der äußeren Untersuchung zu prüfen, ob der Kesselwärter die zur Sicherheit des Betriebes erforderlichen Vorrichtungen anzuwenden und die im Augenblicke der Gefahr nothwendigen Maßnahmen zu ergreifen versteht, und ob er mit der sachgemäßen Behandlung der Feuerung und aller Betriebseinrichtungen vertraut ist.

§ 34.

I. Die innere Untersuchung bezweckt die Prüfung der Beschaffenheit des Kesselkörpers, welcher dabei, soweit wie nöthig, von innen und außen durch den Kesselprüfer genau zu besichtigen ist.

II. Zu ihrer Ausführung ist der Betrieb des Kessels so frühzeitig einzustellen, daß der Kessel und die Züge gründlich gereinigt werden können und genügend abgekühlt sind. Auch ist die Einmauerung oder Ummantelung soweit wie nöthig zu entfernen, wenn die Untersuchung sich nicht zur Genüge durch Befahrung der Züge oder auf andere Weise bewirken läßt. Ferner kann in besonderen Fällen gefordert werden, daß Feuerröhren, die nach der bei Lokomotiven gebräuchlichen Art eingesetzt sind, herausgenommen werden. Wo zwei oder mehr Dampfkessel mit einer gemeinsamen Dampf- oder Speise- oder Wasserablaß-Rohrleitung verbunden sind, ist der der inneren Untersuchung zu unterwerfende Dampfkessel zum Schutze der untersuchenden Personen von jeder der gemeinsamen Rohrleitung in augenfälliger und wirksamer Weise durch geeignete Vorrichtungen zu trennen.

III. Die innere Untersuchung ist vornehmlich zu richten:

auf die Beschaffenheit der Kesselwandungen, Niete, Anker, Heiz- und Rauchrohre, wobei zu ermitteln ist, ob die Widerstandsfähigkeit dieser Theile durch den Gebrauch gefährdet ist,

auf das Vorhandensein und die Natur des Kesselsteins, seine genügende Beseitigung und die Mittel dazu,

auf den Zustand der Wasserzuleitungsröhren und der Reinigungsöffnungen,

auf den Zustand der Speise- und Dampfventile,

auf den Zustand der Verbindungsröhren zwischen Kessel und Manometer bezw. Wasserstandszeiger, sowie der übrigen Sicherheitsvorrichtungen,

auf den Zustand der ganzen Feuerungseinrichtung sowie der Feuerzüge außerhalb wie innerhalb des Kessels.

§ 35.

I. Die Wasserdruckprobe bezweckt die Feststellung etwaiger bleibender Formveränderungen und der Dichtigkeit des Kessels. Sie erfolgt bei Kesseln, welche für eine Dampfspannung von nicht mehr als zehn Atmosphären Ueberdruck bestimmt sind, mit dem anderthalbfachen Betrage des genehmigten Ueberdruckes, im Uebrigen mit einem Drucke, welcher den genehmigten Ueberdruck um fünf Atmosphären übersteigt.

II. Die Bestimmungen des § 22, Absatz II und III finden entsprechende Anwendung.

III. Bei der Probe ist, soweit dies vom Prüfer verlangt wird, die Ummauerung oder Ummantelung des Kessels zu beseitigen. Mit der Wasserdruckprobe ist eine Prüfung der Sicherheitsventile auf die Richtigkeit ihrer Belastung zu verbinden.

§ 36.

I. Werden bei einer Untersuchung erhebliche Unregelmäßigkeiten in dem Betriebe ermittelt, oder erscheint die Beobachtung eines zur Zeit noch unbedenklichen Schadens geboten, so kann nach dem Ermessen des Kesselprüfers in kürzerer Frist, als in § 32 festgesetzt ist, eine außerordentliche Untersuchung vorgenommen werden.

II. Hat eine Untersuchung Mängel ergeben, welche Gefahr herbeiführen

können, und wird diesen nicht sofort abgeholfen, so muß nach Ablauf der zur Herstellung des vorschriftsmäßigen Zustandes festzusetzenden Frist die Untersuchung von Neuem vorgenommen werden.

III. Ergiebt sich bei der Untersuchung des Kessels ein Zustand, welcher eine unmittelbare Gefahr einschließt, so ist die Fortsetzung des Betriebes bis zur Beseitigung der Gefahr zu untersagen und der Polizeibehörde des Ortes, an welchem sich der Kessel befindet, unverzüglich Anzeige zu erstatten. Diese hat darüber zu wachen, daß der Kessel nicht wieder in Betrieb gesetzt wird, bis durch eine nochmalige Untersuchung der vorschriftmäßige Zustand der Anlage festgestellt ist.

IV. Bei Dampfkesseln, die einer königlichen Behörde oder einer solchen Eisenbahnverwaltung gehören, welche den Bestimmungen des Gesetzes vom 3. November 1838 unterliegt, tritt an die Stelle der Ortspolizeibehörde der die Aufsicht über den Kesselbetrieb führende Beamte bezw. die zuständige staatliche Aufsichtsbehörde, bei den den Bergbehörden unterstellten Dampfkesseln der zuständige Bergrevierbeamte. Diese Behörden können, sobald sie nicht am Betriebsorte oder in dessen unmittelbarer Nähe ihren Sitz haben, die Polizeibehörde des Ortes zur Ueberwachung der angeordneten Außerbetriebsetzung eines Dampfkessels unter Mittheilung des Sachverhalts hinzuziehen.

§ 37.

I. Die äußere Untersuchung erfolgt ohne vorherige Benachrichtigung des Kesselbesitzers. Ausnahmsweise kann bei denjenigen beweglichen und Dampfschiffskesseln, welche ihren Betriebsort häufig wechseln, der Zeitpunkt für diese Untersuchung mit dem Kesselbesitzer vereinbart werden.

II. Von einer bevorstehenden inneren Untersuchung oder Wasserdruckprobe ist der Besitzer mindestens vier Wochen vorher zu unterrichten.

III. Der Zeitpunkt für diese letzteren Untersuchungen ist unbeschadet der Bestimmungen im § 32, Absatz VII, nach Anhörung des Besitzers so zu wählen, daß der Betrieb der Anlage so wenig wie möglich beeinträchtigt wird.

IV. Zu dem Ende ist namentlich bei Anlagen, deren Betrieb nur zu gewisser Zeit im Jahre unterbrochen werden kann, diese zu wählen. Bewegliche Dampfkessel können von den Besitzern oder ihren Vertretern an einem beliebigen Orte innerhalb des Amtsbezirks des zuständigen Kesselprüfers für die Untersuchung bereit gestellt werden.

V. Bewegliche Kessel auf Bergwerken, Aufbereitungsanstalten oder Salinen, staatlichen Hütten und unter Leitung der Bergbehörden betriebenen Steinbrüchen sind von den im § 2, Absatz I, Ziffer 1, genannten Beamten auf der Betriebsstelle zu untersuchen.

VI. Durch die Untersuchung der Dampfschiffskessel dürfen die Fahrten der Schiffe nicht gestört werden; die innere Untersuchung und Wasserdruckprobe von Dampfschiffskesseln ist vor dem Beginn der Fahrten des betreffenden Jahres zu bewirken.

VII. Falls ein Kesselbesitzer der Anforderung des zur Untersuchung berufenen Beamten, den Kessel für die innere Untersuchung der Wasserdruckprobe bereitzustellen, nicht entspricht, so ist der Besitzer des Kessels auf Ersuchen des Kesselprüfers durch die zuständige Ortspolizeibehörde mittelst polizeilicher Ver-

fügung unter Strafandrohung (Titel IV und V des Landesverwaltungsgesetzes) anzuhalten, den Kessel an einem vom Kesselprüfer festzusetzenden Tage für die vorzunehmende Untersuchung ordnungsmäßig bereit zu stellen oder, wenn Gefahr im Verzuge erscheint, den Betrieb bis auf Weiteres einzustellen.

VIII. Die zur Ausführung der Untersuchung erforderlichen Arbeitskräfte und Vorrichtungen hat der Besitzer des Kessels dem Beamten unentgeltlich zur Verfügung zu stellen.

§ 38.

I. Der Befund der Untersuchungen ist in das Revisionsbuch einzutragen.

II. Zur Abstellung der bei den Untersuchungen vorgefundenen Mängel und Unregelmäßigkeiten kann der untersuchende Beamte unter Mittheilung einer Abschrift des Vermerkes über das Ergebniß der Untersuchung die Unterstützung der Polizeibehörde des Ortes, an welchem sich der Kessel befindet, in Anspruch nehmen.

III. Der § 36, Absatz IV, findet entsprechende Anmeldung.

§ 39.

I. Bis zum 1. Juni jedes Jahres haben die staatlichen Prüfungsbeamten dem Königlichen Regierungspräsidenten des Bezirks — in Berlin dem Königlichen Polizeipräsidenten — einen Jahresbericht über die von ihnen auf Grund dieser Anweisung geübte Thätigkeit zu erstatten. Diesem Berichte sind beizufügen:

1. eine Nachweisung sämmtlicher im Laufe des verflossenen Etatsjahres ausgeführten wiederkehrenden, außerordentlichen Untersuchungen, der auf Antrag erfolgten Prüfungen sowie der ersten Wasserdruckproben und Abnahmen nebst deren Ergebniß nach dem anliegenden Vordrucke H;
2. eine Nachweisung, aus welcher sich ergiebt:
   a) inwieweit der Zugang von Dampfkesseln auf Neuanlegung solcher oder auf dem Uebergange von Dampfkesseln aus der Vereinsaufsicht zur staatlichen Aufsicht beruht,
   b) inwieweit der Abgang von Dampfkesseln auf Außerbetriebsetzung und Verlegung nach anderen Bezirken oder auf dem Uebergange aus der staatlichen in die Vereinsaufsicht beruht.

II. Auf die Dampfkessel der Eisenbahnen, sowie der Staatsbauverwaltung und auf die den Bergbehörden unterstellten Dampfkessel findet diese Vorschrift keine Anwendung.

VI. Gebühren.

§ 40.

I. Die Gebühren für die von Beamten des Staates oder von staatlich beauftragten Vereinsingenieuren (§ 2, Absatz I, Ziffer 4) ausgeführten Dampfkessel-Untersuchungen werden auf diejenigen Beträge festgesetzt, welche sich aus Ziffer I—III der beiliegenden Gebührenordnung ergeben. Bei der Gebührenberechnung sind die Heizflächen der Dampfkessel nur bis zur ersten Dezimalstelle ohne Rücksicht auf die zweite Dezimalstelle einzusetzen. Die Festsetzung und Einziehung der Gebühren und Kosten erfolgt durch die Königlichen Regierungs-

präsidenten, in Berlin durch den Königlichen Polizeipräsidenten, bei Kesseluntersuchungen auf Bergwerken, Aufbereitungsanstalten und Salinen durch die Königlichen Oberbergämter.

II. Die Kesselprüfer haben diesen Behörden die Berechnung der Jahresbeiträge bis zum 1. Mai jedes Jahres einzureichen. Anderweite Gebührenberechnungen sind mit einem Gebührennachweis, in welchem die Gebührenberechnungen nach Kreiskassen geordnet einzutragen sind, den im Absatz I bezeichneten Behörden bis zum 10. jedes Monats in einfacher Ausfertigung vorzulegen. Etwa nachträglich einzuziehende Jahresgebühren und solche für im Laufe des Etatsjahres neu hinzutretende Kessel sind in vorstehenden Terminen zu liquidiren.

§ 41.

I. In denjenigen Regierungsbezirken, in denen die Kesseluntersuchungen durch die Beamten der Gewerbeinspektion bewirkt werden, fließen die Gebühren, auch soweit sie für Untersuchungen zu erheben sind, welche durch die Anweisung nicht vorgesehen sind, zur Staatskasse. Die Gebühren für die im staatlichen Auftrage (§ 2, Absatz I, Ziffer 4) ausgeführten Untersuchungen sind den betreffenden Kessel-Ueberwachungsvereinen zu überweisen.

II. Hinsichtlich der übrigen staatlichen Prüfungsbeamten bewendet es bei den bestehenden Vorschriften darüber, inwieweit sie einen Anspruch auf die von den Kesselbesitzern einzuziehenden Gebühren haben.

VII. Sonstige Bestimmungen.

§ 42.

In denjenigen Regierungsbezirken, in welchen die Kesseluntersuchungen den Beamten der Gewerbeinspektion und staatlich beauftragten Ingenieuren der Ueberwachungsvereine (§ 2, Absatz I, Ziffer 4) obliegen, hat der Regierungs- und Gewerberath je eine Liste über die in dem Bezirke von Staatsbeamten und im staatlichen Auftrage ausgeführten Kesseluntersuchungen zu führen und durch Eintragungen bei Eingang der Gebührenberechnungen und der Verzeichnisse H auf dem Laufenden zu erhalten. Auf Grund letzterer Verzeichnisse ist nachzuprüfen, ob die vorgeschriebenen Fristen der Untersuchungen eingehalten und die Gebühren ordnungsmäßig zur Einziehung gekommen sind.

§ 43.

I. Der Uebergang von Kesseln aus der staatlichen Ueberwachung oder der Ueberwachung im staatlichen Auftrage (§ 2, Ziffer 4) in die Vereinsüberwachung (§ 3) kann, abgesehen von den durch Besitzwechsel beweglicher Kessel bewirkten Veränderungen, nur am 1. April jedes Jahres nach rechtzeitiger, spätestens bis zum Ablauf des vorhergehenden Kalenderjahres eingegangener schriftlicher Kündigung des Kesselbesitzers erfolgen. Diese ist bei dem zuständigen Kesselprüfer anzubringen.

II. Wer bei Anlegung von Dampfkesseln nicht bereits einem Ueberwachungsvereine angehört, untersteht der staatlichen oder der nach § 2, Absatz I, Ziffer 4 geregelten Ueberwachung so lange, bis die vorgedachte Kündigung ausgesprochen und wirksam geworden ist.

§ 44.

I. Die Kesselbesitzer sind verpflichtet, dem zuständigen Kesselprüfer und der Ortspolizeibehörde, bei Bergwerken, Aufbereitungsanstalten und Salinen dem

betreffenden Bergrevierbeamten von jeder in ihrem Kesselbesitzstande eintretenden Aenderung — insbesondere von dem Erlöschen der Genehmigung, der etwaigen Wiedereröffnung des Betriebes, der zeitweisen oder gänzlichen Außerbetriebstellung, Beseitigung, dem Verkauf oder der Neubeschaffung von Kesseln — spätestens bis zum 1. April jedes Jahres Anzeige zu machen.

II. Veränderungen, welche nicht rechtzeitig angezeigt worden sind, werden bei Ausschreibung der Jahresbeiträge nicht berücksichtigt. Eine Rückerstattung hiernach etwa zu viel erhobener Jahresbeiträge findet nicht statt.

§ 45.

I. Die Kesselbesitzer oder deren Stellvertreter sind verpflichtet, von jeder vorkommenden Explosion eines Dampfkessels in erster Linie dem für den Bezirk zuständigen Staatsbeamten (Gewerbeinspektor, Bergrevierbeamten), auch wenn der Kessel unter Ueberwachung eines Vereins steht, unverzüglich Anzeige zu erstatten. Die gleiche Anzeige ist, wenn der Kessel der Ueberwachung durch Vereinsingenieure unterliegt, an den Vereinsingenieur zu richten.

II. Eine Dampfkesselexplosion liegt vor, wenn die Wandung eines Kessels durch den Dampfkesselbetrieb eine Trennung in solchem Umfange erleidet, daß durch Ausströmen von Wasser und Dampf ein plötzlicher Ausgleich der Spannungen innerhalb und außerhalb des Kessels stattfindet.

III. Für die amtliche Untersuchung explodirter Kessel sind Gebühren nicht zu entrichten.

§ 46.

Diese Anweisung nebst der zugehörigen Gebührenordnung tritt unter Aufhebung der Anweisung, betreffend die Genehmigung und Untersuchung der Dampfkessel, vom 16. März 1893 (Min.-Bl. f. d. i. V. 1892 S. 117 und 1893, S. 119) am 1. April 1897 in Kraft.

Berlin, den 15. März 1897.

Der Minister für Handel und Gewerbe.
Brefeld.

(Siehe Tabellen auf S. 190.)

Neben den etwaigen nach Abschnitt I fälligen Gebühren werden für die Ausführung der im § 32 vorgeschriebenen, regelmäßig wiederkehrenden Untersuchungen von den Kesselbesitzern im Laufe des Etatsjahres Jahresgebühren nach vorstehenden Sätzen in Mark erhoben.

Für die Erhebung der Gebühren kommen die nachstehenden Grundsätze zur Anwendung:

a) Die Jahresgebühren sind für jeden zum Besitzstande eines Kesselbesitzers zu zählenden Kessel (vergl. § 44) zu erheben, derselbe mag während des ganzen Etatsjahres oder nur während eines Theiles desselben oder endlich unter gewissen Voraussetzungen (z. B. als Reservekessel) betrieben werden.

Für außer Betrieb gestellte Kessel (§ 32, Absatz VIII), deren Nichtbenutzung sich über das ganze Etatsjahr erstreckt, werden die Gebühren nur unter den im § 44 bezeichneten Voraussetzungen nicht erhoben.

Gebührenordnung für Dampfkessel-Unterſuchungen.

I. Unterſuchung neuer und neu genehmigter Dampfkeſſel.

Laufende Nummer	Für jede nachbezeichnete Prüfung betragen die Gebühren	Für Keſſel mit einer Heizfläche in Quadratmetern			
		0—5 M	über 5—20 M	über 20—50 M	über 50 M
1	Für Prüfung der Bauart und Waſſerdruckprobe von Keſſeln aller Art	9	11	13	15
2	Für die Abnahmeprüfung feſtſtehender und Schiffsdampfkeſſel ohne Prüfung der Bauart und Waſſerdruckprobe	6	9	12	15
3	Für die Abnahmeprüfung beweglicher Dampfkeſſel ohne Prüfung der Bauart und Waſſerdruckprobe	6	7	8	9
4	Für die Abnahmeprüfung feſtſtehender und Schiffsdampfkeſſel, verbunden mit der Prüfung der Bauart und der Waſſerdruckprobe	15	20	25	30
5	Für die Abnahmeprüfung beweglicher Dampfkeſſel, verbunden mit der Prüfung der Bauart und der Waſſerdruckprobe	15	18	21	24

II. Regelmäßig wiederkehrende techniſche Unterſuchungen.

Laufende Nummer	Für jede nachbezeichnete Prüfung betragen die Gebühren	Für Keſſel mit einer Heizfläche in Quadratmetern			
		0—5 M	über 5—20 M	über 20—50 M	über 50 M
1	Für jeden feſtſtehenden Keſſel	6	9	12	15
2	Für jeden beweglichen oder Dampfſchiffkeſſel	8	12	15	17

b) Für Keſſel, deren Außerbetriebſtellung oder gänzliche Beſeitigung (auch Verkauf) im Laufe des Etatsjahres erfolgt, werden die Jahresgebühren nicht zurückerſtattet, auch wenn eine etwa fällige Unterſuchung noch nicht ſtattgefunden hat.

c) Die Berechnung der Jahresbeiträge und sonstiger Gebühren für bewegliche, unter staatlicher Aufsicht stehende Kessel hat seitens desjenigen Kesselprüfers zu erfolgen, in dessen Bezirke der Besitzer des Kessels oder dessen Stellvertreter seinen Wohnsitz hat, auch wenn die Untersuchungen in einem anderen Bezirke stattgefunden haben (vergl. § 31, Absatz III).

Beim Uebergang eines Kessels aus dem Bezirke des einen Kesselprüfers in denjenigen eines anderen, oder beim Wechsel des Besitzers einer Kesselanlage im Laufe des Etatsjahres werden erneute Jahresbeiträge nicht erhoben, wenn sie nachweislich in dem früheren Bezirke oder von dem Vorbesitzer bereits gezahlt worden sind.

d) Eine Verrechnung von Gebühren zwischen einzelnen Staatskassen findet nicht statt; desgleichen ist eine solche Verrechnung oder nochmalige Erhebung von Jahresgebühren ausgeschlossen, wenn bewegliche Kessel infolge Besitzwechsels im Laufe des Etatsjahres aus der staatlichen Aufsicht in diejenige eines staatlichen Beauftragten (§ 2, Absatz I, Ziffer 4) oder umgekehrt übergehen und die Gebühren nachweislich bereits gezahlt worden sind.

Bei Kesseln, welche im Laufe des Etatsjahres aus der Vereinsaufsicht zur Staatsaufsicht übergehen, sind die Jahresgebühren zur Staatskasse zu erheben.

e) Für Kessel, für die durch denselben Besitzer im Laufe des Etatsjahres eine erneute Genehmigung erwirkt wird, sind in den § 8, Absatz I, Ziffer 1, 3—5 gedachten Fällen erneute Beiträge, abgesehen von den mit der Genehmigung verbundenen Abgaben, nicht zu erheben, wenn für den Kessel bereits der Jahresbeitrag, wenn auch nach einem anderen Gebührensatz, nachweislich gezahlt worden ist.

Für Kessel, für deren Untersuchung gemäß § 32, Absatz VIII, nach längerem als zweijährigem Nichtgebrauch Gebühren nach Abschnitt III zu erheben sind, werden weitere Jahresbeiträge für das laufende Etatsjahr nicht berechnet.

f) Für Kessel, denen gemäß § 29 Erleichterungen hinsichtlich der Prüfungsfristen gewährt worden sind, erfolgt die Gebührenfestsetzung nach besonderer Verfügung des Ministers für Handel und Gewerbe.

g) Für die Untersuchung von Kesseln preußischer Staatsbetriebe werden, soweit solche von Staatsbeamten ausgeführt werden, Jahresbeiträge und sonstige Gebühren nicht erhoben.

III. Sonstige Untersuchungen.

1. Für die durch § 18, Absatz II, vorgeschriebenen inneren Untersuchungen auch wenn sie wegen der Bauart der Kessel nur theilweise ausgeführt werden können, sowie für die durch § 32, Absatz VIII, vorgeschriebene innere Untersuchung und Druckprobe ist der Jahresbeitrag nach Abschnitt II, für Druckproben gemäß § 18, Absatz II, sowie solchen nach Hauptausbesserungen (§ 28) ist der Satz nach Abschnitt I der Gebührenordnung zu entrichten.

Druckproben nach Hauptausbesserungen, welche an die Stelle einer in demselben Etatsjahre fälligen regelmäßigen Druckprobe treten (§ 28, Absatz VII),

werden nicht besonders berechnet, sofern sie bei staatlicher Ueberwachung des Kessels von einem staatlichen Kesselprüfer, bei der durch § 2, Absatz I, Ziffer 4 gedachten Ueberwachung im staatlichen Auftrage von einem solchen Beauftragten ausgeführt werden.

2. Bei außerordentlichen Untersuchungen, welche auf Grund des § 36 dieser Anweisung stattfinden, sowie bei Untersuchungen auf Antrag der Kesselbesitzer (soweit es sich in letzterem Falle nicht um die durch § 18, Absatz II, vorgeschriebenen Untersuchungen handelt) ist der nach Abschnitt II der Gebührenordnung zutreffende Jahresbeitrag zu erheben.

3. Für Druckproben von Kesseln, welche für das Ausland bestimmt sind oder in einem anderen Bundesstaat zur Aufstellung gelangen, sind die Sätze unter Abschnitt I der Gebührenordnung maßgebend.

Bei inneren Untersuchungen, Wasserdruckproben und vereinbarten äußeren Untersuchungen, soweit letztere vereinbart werden dürfen, ist für jede zu wiederholende Untersuchung der Jahresbeitrag nach Abschnitt II der Gebührenordnung zu erheben, sofern die Untersuchung am festgesetzten Tage nicht oder nur zum Theil ausgeführt werden konnte und dem Kesselbesitzer oder dessen Stellvertreter hierfür ein Verschulden beizumessen ist. Ein Verschulden ist nicht anzunehmen, wenn das Füllen des Kessels bei einer nach der inneren Untersuchung in Aussicht genommenen Druckprobe von dem Kesselprüfer nicht abgewartet werden kann, oder wenn sich nach dem Befunde der inneren Untersuchung die Nothwendigkeit herausstellt, den Kessel erst einer Reparatur zu unterziehen.

Für erste Wasserdruckproben (§ 22) und Kesselabnahmen, welche in Folge Verschuldens des Kesselbesitzers wiederholt werden müssen, werden die Gebührensätze unter Abschnitt I für jede vergebliche Untersuchung erhoben, mit der Maßgabe, daß bei Abnahmen, verbunden mit der Prüfung der Bauart und Druckprobe, für die Wiederholung nur eines Theils der Untersuchung die entsprechenden Einzelsätze mehrfach in Anrechnung kommen.

Polizeiliche Bestimmungen über die Anlage von Dampfkesseln unter Hinzufügung der Aenderungen vom 5. August 1890.

(Vom 29. Mai 1871.)

I. Bau der Dampfkessel.

§ 1. Kesselwandungen.

Die vom Feuer berührten Wandungen der Dampfkessel, der Feuerröhren und der Siederöhren dürfen nicht aus Gußeisen hergestellt werden, sofern deren lichte Weite bei cylindrischer Gestalt 25 cm, bei Kugelgestalt 30 cm übersteigt.

Die Verwendung von Messingblech ist nur für Feuerröhren, deren lichte Weite 10 cm nicht übersteigt, gestattet.

§ 2. Feuerzüge.

Die um oder durch einen Dampfkessel gehenden Feuerzüge müssen an ihrer höchsten Stelle in einem Abstand von mindestens 10 cm unter dem festgesetzten niedrigsten Wasserspiegel des Kessels liegen. Bei Dampfschiffskesseln von 1—2 m

Breite muß der Abstand mindestens 15 cm, bei solchen von größerer Breite mindestens 25 cm betragen.

Diese Bestimmungen finden keine Anwendung auf Dampfkessel, welche aus Sieberöhren von weniger als 10 cm Weite bestehen, sowie auf solche Feuerzüge, in welchen ein Erglühen des mit dem Dampfraum in Berührung stehenden Theiles der Wandungen nicht zu befürchten ist. Die Gefahr des Erglühens ist in der Regel als ausgeschlossen zu betrachten, wenn die vom Wasser bespülte Kesselfläche, welche von dem Feuer vor Erreichung der vom Dampf bespülten Kesselfläche bestrichen wird, bei natürlichem Luftzug mindestens zwanzigmal, bei künstlichem Luftzug mindestens vierzigmal so groß ist als die Fläche des Feuerrostes.

II. Ausrüstung der Dampfkessel.

§ 3. Speisung.

An jedem Dampfkessel muß ein Speiseventil angebracht sein, welches bei Abstellung der Speisevorrichtung durch den Druck des Kesselwassers geschlossen wird.

§ 4.

Jeder Dampfkessel muß mit zwei zuverlässigen Vorrichtungen versehen sein, welche nicht von derselben Betriebsvorrichtung abhängig sind, und von denen jede für sich im Stande ist, dem Kessel die zur Speisung erforderliche Wassermenge zuzuführen. Mehrere zu einem Betriebe vereinigte Dampfkessel werden hierbei als ein Kessel angesehen.

§ 5. Wasserstandszeiger.

Jeder Dampfkessel muß mit einem Wasserstandsglase und mit einer zweiten geeigneten Vorrichtung zur Erkennung seines Wasserstandes versehen sein. Jede dieser Vorrichtungen muß eine gesonderte Verbindung mit dem Innern des Kessels haben, es sei denn, daß die gemeinschaftliche Verbindung durch ein Rohr von mindestens 60 qcm lichtem Querschnitt hergestellt ist.

§ 6.

Werden Probirhähne zur Anwendung gebracht, so ist der unterste derselben in der Ebene des festgesetzten niedrigsten Wasserstandes anzubringen. Alle Probirhähne müssen so eingerichtet sein, daß man behufs Entfernung von Kesselsteinen in gerader Richtung hindurchstoßen kann.

§ 7. Wasserstandsmarke.

Der für den Dampfkessel festgesetzte niedrigste Wasserstand ist an dem Wasserglase, sowie an der Kesselwandung oder dem Kesselmauerwerk durch eine in die Augen fallende Marke zu bezeichnen.

§ 8. Sicherheitsventil.

Jeder Dampfkessel muß mit wenigstens einem zuverlässigen Sicherheitsventil versehen sein.

Wenn mehrere Kessel einen gemeinsamen Dampfsammler haben, von welchem sie nicht einzeln abgesperrt werden können, so genügen für dieselben zwei Sicherheitsventile.

Dampfschiffs-, Lokomobil- und Lokomotivkessel müssen immer mindestens zwei Sicherheitsventile haben. Bei Dampfschiffskesseln, mit Ausschluß derjenigen auf Seeschiffen, ist dem einen Ventil eine solche Stellung zu geben, daß die vorgeschriebene Belastung vom Verdeck aus mit Leichtigkeit untersucht werden kann.

Die Sicherheitsventile müssen jederzeit gelüftet werden können. Sie sind höchstens so zu belasten, daß sie bei Eintritt der für den Kessel festgesetzten Dampfspannung den Dampf entweichen lassen.

§ 9. Manometer.

An jedem Dampfkessel muß ein zuverlässiges Manometer angebracht sein an welchem die festgesetzte höchste Dampfspannung durch eine in die Augen fallende Marke zu bezeichnen ist.

An Dampfschiffskesseln müssen zwei dergleichen Manometer angebracht werden, von denen sich das eine im Gesichtskreise des Kesselwärters, das andere mit Ausnahme der Seeschiffe auf dem Verdeck an einer für die Beobachtung bequemen Stelle befindet. Sind auf einem Dampfschiffe mehrere Kessel vorhanden, deren Dampfräume mit einander in Verbindung stehen, so genügt es, wenn außer den an einzelnen Kesseln befindlichen Manometern auf dem Verdeck ein Manometer angebracht ist.

§ 10. Fabrikschild.

An jedem Dampfkessel muß die festgesetzte höchste Dampfspannung, der Name des Fabrikanten, die laufende Fabriknummer und das Jahr der Anfertigung, bei Dampfschiffskesseln außerdem die Maßziffer des festgesetzten niedrigsten Wasserstandes auf eine leicht erkennbare und dauerhafte Weise angegeben sein. Diese Angaben sind auf einem metallenen Schilde (Fabrikschild) anzubringen, welches mit Kupfernieten so am Kessel befestigt ist, daß es auch nach der Ummantelung oder Einmauerung des letzteren sichtbar ist.

III. Prüfung der Dampfkessel.

§ 11. Druckprobe.

Jeder neu aufzustellende Dampfkessel muß nach seiner letzten Zusammensetzung vor der Einmauerung oder Ummantelung unter Verschluß sämmtlicher Oeffnungen geprüft werden.

Die Prüfung erfolgt bei Dampfkesseln, welche für eine Dampfspannung von nicht mehr als fünf Atmosphären Ueberdruck bestimmt sind, mit dem zweifachen Betrage des beabsichtigten Ueberdruckes, bei allen übrigen Dampfkesseln mit einem Drucke, welcher den beabsichtigten Ueberdruck um fünf Atmosphären übersteigt. Unter Atmosphärendruck wird ein Druck von einem Kilogramm auf den Quadratcentimeter verstanden.

Die Kesselwandungen müssen dem Probedruck widerstehen, ohne eine bleibende Veränderung der Form zu zeigen, und ohne undicht zu werden. Sie sind für undicht zu erachten, wenn das Wasser bei dem höchsten Druck in anderer Form, als der von Nebel oder feinen Perlen durch die Fugen dringt.

Nachdem die Prüfung mit befriedigendem Erfolge stattgefunden hat, sind von dem Beamten oder staatlich ermächtigten Sachverständigen, welcher die-

selbe vorgenommen hat, die Niete, mit welchen das Fabrikschild am Kessel befestigt ist (§ 10), mit einem Stempel zu versehen. Dieser ist in der über die Prüfung aufgenommenen Verhandlung (Prüfungszeugniß) zum Abdruck zu bringen.

§ 12.

Wenn Dampfkessel eine Ausbesserung in der Kesselfabrik erfahren haben oder wenn sie behufs der Ausbesserung an der Betriebsstätte ganz bloßgelegt worden sind, so müssen sie in gleicher Weise wie neu aufzustellende Kessel der Prüfung mittelst Wasserdruckes unterworfen werden.

Wenn bei Kesseln mit innerem Feuerrohr ein solches Rohr und bei den nach Art der Lokomotivkessel gebauten Kesseln die Feuerbüchse behufs Ausbesserung oder Erneuerung herausgenommen, oder wenn bei cylindrischen und Siedekesseln eine oder mehrere Platten neu eingezogen werden, so ist nach der Ausbesserung oder Erneuerung ebenfalls die Prüfung mittelst Wasserdruckes vorzunehmen. Der völligen Bloßlegung des Kessels bedarf es hier nicht.

§ 13. Prüfungsmanometer.

Der bei der Prüfung ausgeübte Druck darf nur durch ein genügend hohes offenes Quecksilbermanometer oder durch das von dem prüfenden Beamten geführte amtliche Manometer festgestellt werden.

An jedem Dampfkessel muß sich eine Einrichtung befinden, welche dem prüfenden Beamten die Anbringung eines amtlichen Manometers gestattet.

IV. Aufstellung der Dampfkessel.

§ 14. Aufstellungsort.

Dampfkessel, welche für mehr als sechs Atmosphären Ueberdruck bestimmt sind, und solche, bei welchen das Produkt aus der feuerberührten Fläche in Quadratmetern und der Dampfspannung in Atmosphären Ueberdruck mehr als dreißig beträgt, dürfen unter Räumen, in welchen Menschen sich aufzuhalten pflegen, nicht aufgestellt werden. Innerhalb solcher Räume ist ihre Aufstellung unzulässig, wenn dieselben überwölbt oder mit fester Balkendecke versehen sind.

An jedem Dampfkessel, welcher unter Räumen, in welchen Menschen sich aufzuhalten pflegen, aufgestellt wird, muß die Feuerung so eingerichtet sein, daß die Einwirkung des Feuers auf den Kessel sofort gehemmt werden kann.

Dampfkessel, welche aus Sieberöhren von weniger als 10 cm Weite bestehen, und solche, welche in Bergwerken unterirdisch oder in Schiffen aufgestellt werden, unterliegen diesen Bestimmungen nicht.

§ 15. Kesselmauerung.

Zwischen dem Mauerwerk, welches den Feuerraum und die Feuerzüge feststehender Dampfkessel einschließt, und den dasselbe umgebenden Wänden muß ein Zwischenraum von mindestens 8 cm verbleiben, welcher oben abgedeckt und an den Enden verschlossen werden darf.

§ 16.

Bei jedem Dampfentwickler, welcher als beweglicher Dampfkessel (Lokomobile) zum Betriebe an wechselnden Betriebsstätten benutzt werden soll, müssen sich befinden:

1. Eine Ausfertigung der Urkunde über seine Genehmigung, welche die Angaben des Fabrikschildes (§ 10) enthält und mit einer Beschreibung und maßstäblichen Zeichnung, dem Prüfungszeugniß (§ 11, Absatz 4), der in § 24, Absatz 3 der Gewerbeordnung vorgeschriebenen Bescheinigung und einem Vermerk über die zulässige Belastung der Sicherheitsventile verbunden ist.
2. Ein Revisionsbuch, welches die Angaben des Fabrikschildes (§ 10) enthält. Die Bescheinigungen über die Vornahme der in § 12 vorgeschriebenen Prüfungen und der periodischen Untersuchungen müssen in das Revisionsbuch eingetragen oder demselben beigefügt sein.

Die Genehmigungsurkunde und das Revisionsbuch sind an der Betriebsstätte des Kessels aufzubewahren und jedem zur Aufsicht zuständigen Beamten oder Sachverständigen auf Verlangen vorzulegen.

§ 17.

Als bewegliche Dampfkessel dürfen nur solche Dampfentwickler betrieben werden, zu deren Aufstellung und Inbetriebnahme die Herstellung von Mauerwerk, welches den Kessel umgiebt, nicht erforderlich ist.

§ 18.

Die Bestimmungen der §§ 16 und 17 treten außer Anwendung, wenn ein beweglicher Dampfkessel an einem Betriebsorte zu dauernder Benutzung aufgestellt wird.

V. Allgemeine Bestimmungen.

§ 19.

Wenn Dampfkesselanlagen, die sich zur Zeit bereits in Betrieb befinden, den vorstehenden Bestimmungen aber nicht entsprechen, eine Veränderung der Betriebsstätte erfahren sollen, so kann bei deren Genehmigung eine Abänderung in dem Bau der Kessel nach Maßgabe der §§ 1 und 2 nicht gefordert werden. Dagegen finden im Uebrigen die vorstehenden Bestimmungen auch für solche Fälle Anwendung.

§ 20.

Die Zentralbehörden der einzelnen Bundesstaaten sind befugt, in einzelnen Fällen von der Beachtung der vorstehenden Bestimmungen zu entbinden.

§ 21.

Die vorstehenden Bestimmungen finden keine Anwendung: 1. auf Kochgefäße, in welchen mittelst Dampfes, der einem anderweitigen Dampfentwickler entnommen ist, gekocht wird; 2. auf Dampfüberhitzer oder Behälter, in welchen Dampf, der einem anderweitigen Dampfentwickler entnommen ist, durch Einwirkung von Feuer besonders erhitzt wird; 3. auf Kochkessel, in welchen Dampf aus Wasser durch Einwirkung von Feuer besonders erhitzt wird; 3. auf Kochkessel, in welchen Dampf aus Wasser durch Einwirkung von Feuer erzeugt wird, wofern dieselben mit der Atmosphäre durch ein verschließbares, in den Wasserraum hinabreichendes Standrohr von nicht über 5 m Höhe und mindestens 8 cm Weite verbunden sind.

§ 22.

In Bezug auf die Kessel in Eisenbahn-Lokomotiven bleiben auch ferner noch die Bestimmungen des Baupolizeireglements für Eisenbahnen vom 3. Juni 1870 in Geltung.

Gesetz, den Betrieb der Dampfkessel betreffend.

(Vom 3. Mai 1872.)

§ 1.

Die Besitzer von Dampfkesselanlagen oder die an ihrer Statt zur Leitung des Betriebes bestellten Vertreter, sowie die mit der Bewartung von Dampfkesseln beauftragten Arbeiter sind verpflichtet, dafür Sorge zu tragen, daß während des Betriebes die bei Genehmigung der Anlage oder allgemein vorgeschriebenen Sicherheitsvorrichtungen bestimmungsmäßig benutzt und Kessel, die sich in nicht gefahrlosem Zustande befinden, nicht im Betriebe erhalten werden.

§ 2.

Wer den ihm nach § 1 obliegenden Verpflichtungen zuwiderhandelt, verfällt in eine Geldstrafe bis zu 600 Mk. oder eine Gefängnißstrafe bis zu drei Monaten.

§ 3.

Die Besitzer von Dampfkesselanlagen sind verpflichtet, eine amtliche Revision des Betriebes durch Sachverständige zu gestatten, die zur Untersuchung benöthigten Arbeitskräfte und Vorrichtungen bereit zu stellen und die Kosten der Revision zu tragen.

Die näheren Bestimmungen über die Ausführungen dieser Vorschrift hat der Minister für Handel, Gewerbe und öffentliche Arbeiten zu erlassen.

§ 4.

Alle mit diesem Gesetz nicht im Einklang stehenden Bestimmungen, insbesondere das Gesetz den Betrieb der Dampfkessel betreffend, vom 7. Mai 1856 (Gesetz-Sammlung S. 295) werden aufgehoben.

Urkundlich ꝛc.

1. Schmiedeeiserne Gas- und Wasserleitungs-Röhren.

Nach H. Rosenthal.

Innerer Durchmesser { Zoll / mm	$^1/_8$ 3	$^1/_4$ 6	$^3/_8$ 10	$^1/_2$ 13	$^5/_8$ 16	$^3/_4$ 19	1 25	$1^1/_4$ 32	$1^1/_2$ 38	$1^3/_4$ 45	2 51	$2^1/_4$ 57	$2^1/_2$ 64	3 76	$3^1/_2$ 89	4 102
Preis für den lfd. Meter mit Gewinde und Muffen } Pfennige	25,5	25,5	30	37,5	49,5	49,5	69,5	97	122	146	153	217	261	305	391	477
Innen und außen verzinkte Rohre	32,5	32,5	38	47,5	63	63	88,5	124	155	186	199	283	341	398	511	623
Gerade Muffen pro Stück in Pf.	6	6	6	8	9	9	12	17	23	29	33	54	78	108	155	185
Reduktions-Muffen pro Stück in Pf.	—	9	11	14	17	17	18	24	29	36	42	69	101	155	216	278
Kniestücke, eckige	23	23	24	26	32	32	42	57	75	93	117	192	278	431	677	861
Kniestücke, runde und reduzirte	24	24	29	32	40	40	47	65	80	108	138	207	308	524	770	984
T Stücke, egal und reduzirt	23	23	26	29	36	36	44	62	77	98	131	200	293	507	738	923
+ Stücke	41	41	47	59	72	72	93	123	149	185	239	431	657	1230	1722	2051
Bogenstücke	0	20	24	28	35	35	52	85	103	136	170	288	406	609	845	1099
Langgewinde	28	28	31	38	47	47	66	91	118	143	170	259	329	435	553	631
Flanschen	21	21	23	28	32	32	37	47	48	51	62	91	98	167	195	225
Nippel	4	4	4	5	6	6	9	14	18	22	27	54	69	108	138	170
Contre-Muttern	7	7	7	9	10	10	15	18	22	27	35	56	71	110	140	172
Stöpsel	8	8	8	11	14	14	17	21	26	32	39	62	78	147	216	308
Kappen	9	9	9	14	15	15	21	32	39	50	62	93	134	185	300	324
Eiserne Haupthähne pro Stück in Pf.	62	62	75	94	121	121	175	228	294	374	480	721	1066	1600	2268	2932
Rohrhaken pro Stück in Pf.	$2^1/_2$	$2^1/_2$	$2^1/_2$	3	$3^1/_2$	$3^1/_2$	4	5	6	8	8	12	12	15	19	19

2. Patentgeschweißte schmiedeeiserne, glatte und fertige Röhren mit festen Bunden und losen Flantschen.

Nach H. Rosenthal.

Aeußerer Durchmesser in englischen Zollen	Aeußerer Durchmesser in Millimetern	Wandstärke in Millimetern	Gewicht für 1 lfd. Meter in Kilogramm	Preis für 1 lfd. Meter in Pfennigen	Preis für 1 lfd. Meter mit festen Bundern und losen Flanschen in Pfennigen	Aeußerer Durchmesser in englischen Zollen	Aeußerer Durchmesser in Millimetern	Wandstärke in Millimetern	Gewicht für 1 lfd. Meter in Kilogramm	Preis für 1 lfd. Meter in Pfennigen	Preis für 1 lfd. Meter mit festen Bundern und losen Flanschen in Pfennigen
1	25,5	2	1,15	106	—	$4^3/_4$	121	4	11,46	391	564
$1^1/_4$	32	2,25	1,65	106	—	5	127	4	12,08	420	678
$1^3/_8$	35	2,25	1,81	106	—	$5^1/_4$	133	4	12,65	459	728
$1^1/_2$	38	2,25	1,97	093	140	$5^1/_2$	140	4,50	14,90	527	810
$1^5/_8$	41,5	2,25	2,17	095	—	$5^3/_4$	146	4,50	15,56	576	868
$1^3/_4$	44,5	2,25	2,32	098	148	6	152	4,50	16,22	606	922
$1^7/_8$	47,5	2,25	2,49	100	—	$6^1/_4$	159	4,50	17	683	996
2	51	2,50	2,97	116	172	$6^1/_2$	165	4,50	17,65	713	1105
$2^1/_8$	54	2,50	3,15	119	—	$6^3/_4$	171	4,50	18,31	772	—
$2^1/_4$	57	2,75	3,65	123	185	7	178	4,50	19,08	800	1226
$2^3/_8$	60	3	4,20	137	—	$7^1/_2$	191	5,50	24,93	1064	1549
$2^1/_2$	63,5	3	4,45	142	220	8	203	5,50	26,60	1109	1748
$2^5/_8$	66	3	4,61	154	—	$8^1/_2$	216	6,50	33,20	1263	2102
$2^3/_4$	70	3	4,90	154	240	9	229	6,50	35,30	1338	2307
$2^7/_8$	73	3	5,13	167	—	$9^1/_2$	241	6,50	37,20	1523	2649
3	76	3	5,35	167	259	10	254	6,50	39,50	1607	2858
$3^1/_4$	83	3,25	6,35	196	312	$10^1/_2$	267	7	44,50	1857	3135
$3^1/_2$	89	3,25	6,78	216	347	11	279	7,50	49,60	2108	3584
$3^3/_4$	95	3,25	7,30	230	366	$11^1/_2$	292	7,50	52,10	2208	4074
4	102	3,75	9,01	279	432	12	305	7,50	54,70	2309	4439
$4^1/_4$	108	3,75	9,56	308	471	—	—	—	—	—	—
$4^1/_2$	114	3,75	10,10	328	498	—	—	—	—	—	—

Die Preise für die fertigen Rohre verstehen sich für Längen von 4 m, kürzere Rohre kosten entsprechend der größeren Anzahl Flantschen mehr.

3. Gußeiserne Formstücke für schmiedeeiserne Flanschenröhren.

Nach H. Rosenthal.

Lichte Weite	Passend zu Röhren von äußerem Durchmesser	Passend zu Röhren von äußerem Durchmesser	Flanschendurchmesser	Schenkellänge	T Stück Preis für das Stück	Hosenstück Preis für das Stück	Kreuzstück Preis für das Stück	Bogenstück Preis für das Stück	Reduktionsstück Preis für das Stück
mm	engl. Zoll	mm	mm	mm	Mk.	Mk.	Mk.	Mk.	Mk.
58	$2^1/_2$	63,5	133	115	4,00	4,00	5,00	2,75	—
70	3	76	146	125	5,00	5,00	6,15	3,35	2,80
76	$3^1/_4$	83	163	130	5,25	5,25	6,50	3,50	3,00
80	$3^1/_2$	89	169	135	5,50	5,60	7,10	3,75	3,20
88	$3^3/_4$	95	175	145	6,00	6,25	8,00	4,15	3,75
94	4	102	185	148	6,75	7,10	9,10	4,55	4,30
100	$4^1/_4$	108	191	150	7,25	8,00	10,50	5,00	4,75
106	$4^1/_2$	114	197	155	8,00	9,00	11,25	5,60	5,25
119	5	127	226	165	9,50	10,40	12,80	6,70	6,30
125	$5^1/_4$	133	231	165	10,00	10,75	13,85	7,10	6,40
131	$5^1/_2$	140	239	170	11,00	12,00	15,00	8,00	6,75
143	6	152	254	170	12,15	12,80	16,30	8,40	7,50
150	$6^1/_4$	159	261	175	12,75	13,40	16,75	9,10	7,50

4. Gußeiserne Muffen Druck-Röhren.

Nach H. Rosenthal.

Lichte Weite . . . . . mm	40	50	65	80	100	125	150	200
Baulänge . . . . . m	2	2,5	3	3 u. 3,5	3,5	4	4	4
1. Unter-Normal 15 Atm. Probedruck:								
Gewicht für den laufenden Meter . . kg	8,5	10,2	13	17	20,5	27	34	—
Preis für den laufenden Meter . . . . Mk.	1,53	1,77	2,20	2,73	3,15	4,20	5,25	—
2. Normalrohre 20 Atm Probedruck:								
Gewicht für den laufenden Meter . . kg	10	12	15,5	20	24	32	40	58
Preis für den laufenden Meter . . . . Mk.	1,65	1,90	2,36	2,93	3,36	4,48	5,60	7,76

Muffenfaçons und Paßstücke 22 Mark für 100 kg.

---

5. Gußeiserne Flanschenrohre mit bearbeiteter Dichtungsleiste und gebohrten Löchern.

Nach H. Rosenthal.

Lichte Weite . . . . . mm	40	50	65	80	100	125	150	200
Baulänge . . . . . m	2	2	3	3	3	3	3	3
1. Unter-Normal 12 Atm. Probedruck:								
Gewicht für den laufenden Meter . . kg	10,0	12,0	14,5	19	23	30,2	37,5	—
Preis für den laufenden Meter . . . Mk.	2,66	3,0	3,45	4,26	5,03	6,50	7,94	—
2. Normalrohre 20 Atm. Probedruck:								
Gewicht für den laufenden Meter . . . kg	11	13	16	21	25 5	33,5	41,5	60
Preis für den laufenden Meter . . . . Mk.	2,46	3,25	3,70	4,60	5,43	7,00	8,56	12,00

Flanschenfaçons und Paßstücke, unbearbeitet für 100 kg.

Preise für Bearbeitung der Flanschen an T Stücken, Krümmern und Paßstücken.

Bei	40	50	60	80	100	125	150	200 mm l. W.
Pfennige	50	60	65	70	80	90	100	125 für den Flansch

6. Kupferrohrleitungen.

Nach F. W. Pest.

Lichter Durchmesser in Millimetern	25	32	40	50	60	65	80	100	125	150
I. Dampfrohrleitungen.										
Stärke der Rohre in Millimetern . .	1,6	1,6	1,6	2,0	2,0	2,0	2,2	2,2	2,5	3,0
Gewicht für den lfd. Meter in Kilogramme einschl. Bordscheiben und Löthstelle	1,40	1,66	2,00	3,00	3,60	3,9	5,55	6,91	9,8	13,75
Preis für den lfd. Meter . . . . Mk.	4,20	5,00	6,00	9,00	10,80	11,70	16,65	19,35	27,45	37,15
II. Wasserleitungen.										
Stärke der Rohre in Millimetern . .	1,4	1,4	1,4	1,6	1,6	1,6	1,8	1,8	2,0	2,2
Gewicht für den lfd. Meter in Kilogramme einschl. Bordscheiben und Löthstelle	1,27	1,54	1,86	2,66	3,1	3,44	4,33	5,77	7,66	10,84
Preis für den lfd. Meter . . . . Mk.	3,80	4,60	5,60	8,00	9,30	10,30	13,00	16,35	21,45	28,95
III. Zulagen.										
1. Für Flanschverschraubung einschl. schmiedeiserne Flanschen u. Mutterschrauben	1,50	1,95	2,40	3,50	4,00	4,50	6,00	8,25	12,00	18,00
2. Für jeden Bogen	1,00	1,25	1,50	2,25	2,60	2,75	3,25	4,25	5,50	6,00
3. Für jede hart aufgelöthete Abzweigung	3,75	4,75	5,75	7,00	7,75	8,25	10,25	12,50	18,00	24,25

Bei vorstehenden Preisen ist ein Kupferblech-Grundpreis von 2 Mk. für das Kilogramm angenommen.

6. Thonröhren und Thonrohrfaçons, innen und außen glasirt mit Muffen.

Nach H. Rosenthal.

Lichte Weite mm	Gewicht für 1 m ca. kg	Gerade Rohre, Preis für den laufenden Meter Mk.	Bogen, Preis für das Stück Mk.	Abzweige, rechtwinklige und schräge, Preis für das Stück Mk.	Doppelte Abzweige, rechtwinklige und schräge, Preis für das Stück	Uebergangsrohr Preis
50	10	0,90	0,90	1,20	1,80	wie 1 Meter gerades Rohr des größeren Durchmessers.
75	12	1,20	1,20	1,60	2,40	
100	17	1,50	1,50	2,00	3,00	
125	20,5	1,80	1,80	2,40	3,60	
150	24	2,25	2,25	3,00	4,50	
175	31,5	2,70	2,70	3,60	5,40	
200	35	3,30	3,30	4,40	6,60	
225	45	3,75	3,75	5,00	7,50	
250	46	4,50	4,50	6,00	9,00	
275	55	5,25	7,87	7,00	10,50	
300	60	6,00	9,00	8,00	12,00	
350	73	7,50	11,25	10,00	15,00	
400	87	9,50	14,25	12,67	19,00	
450	107	12,50	18,75	16,67	25,00	
500	124	16,00	24,00	21,33	32,00	
600	175	24,00	36,00	32,00	48,00	

Thon zum Dichten 100 kg netto Mk. 1,50.
Getheerter Hanfstrick, 100 kg Mk. 40,00.

Druck von Gebr. Unger in Berlin, Bernburger Str. 30.

